

Susceptibilitat varietal del cultiu de l'ametller al brot
sec (*Phomopsis amygdali* (Delacr.) J.J. Tuset & M. T.
Portilla) i a la taca ocre (*Polystigma ochraceum*
(Whalenb.) Sacc.) i la seva importància a Catalunya

Neus Marimon de María

ÍNDIX

1.	ANTECEDENTS.....	3
1.1.	Introducció	3
1.2.	El brot sec.....	4
1.2.1.	Diagnòstic.....	4
1.2.2.	Cicle de la malaltia i epidemiologia.....	5
1.2.3.	Control.....	6
1.3.	La taca ocre	8
1.3.1.	Diagnòstic.....	8
1.3.2.	Cicle de la malaltia i epidemiologia.....	9
1.3.3.	Control.....	11
2.	OBJECTIUS	12
3.	MATERIAL I MÈTODES.....	13
3.1.	Materials	13
3.1.1.	Material biològic.....	13
3.1.2.	Material no biològic	16
3.2.	Metodologia.....	17
3.2.1.	Avaluació de la susceptibilitat de les diferents varietats d'ametller al brot sec.	17
3.2.2.	Avaluació de la susceptibilitat de diferents varietats d'ametller a la taca ocre .	19
3.2.3.	Avaluació de la severitat foliar en cada varietat segons el marc de plantació i el sistema de formació en una plantació d'alta densitat	23
3.2.4.	Importància de la taca ocre i del brot sec en les províncies de Tarragona i Lleida	25
3.3.	Anàlisi estadístic de les dades	26
4.	RESULTATS I DISCUSSIÓ	27
4.1.	Brot sec.....	27
4.1.1.	Desenvolupament del brot sec en condicions naturals	27
4.1.2.	Desenvolupament de xancres produïts per inoculacions artificials.....	32
4.2.	Taca ocre	35
4.2.1.	Susceptibilitat a la taca ocre.....	35
4.2.2.	Avaluació del desenvolupament de la taca ocre en una plantació d'alta densitat	43
4.2.3.	Severitat foliar per taca ocre en les parcel·les P7 i P13	46
4.2.4.	Comparació de la susceptibilitat varietal a taca ocre segons la parcel·la	51

4.3.	Importància i distribució del brot sec i la taca ocre a les províncies de Tarragona i Lleida	52
4.3.1.	Prospecció	52
4.3.2.	Avaluació de la malaltia en cada parcel·la	53
4.3.3.	Importància i distribució del brot sec en la zona mostrejada	54
4.3.4.	Importància i distribució de la taca ocre	55
5.	Conclusions	58
6.	Bibliografia	59
7.	Annexos.....	61
7.1.	Annex 1. Aplicatiu en llenguatge 'php'	61

1. ANTECEDENTS

1.1. Introducció

El cultiu de l'ametller (*Prunus amygdalus* Batsch), encara que està mundialment estès, està principalment situat als països de la Conca Mediterrània i als Estats Units d'Amèrica.

A Espanya tradicionalment ha estat un cultiu complementari en l'explotació agrària, normalment relegat a zones marginals (Vargas, 1999) i amb moltes plantacions envellides. Probablement aquestes són les causes de la seva baixa productivitat. Les produccions mitjanes anuals estan al voltant d'uns 150 Kg/ha d'ametlla en gra, podent inclús ser inferiors. En canvi, a Califòrnia són majors de 1.500 Kg/ha (Vargas, 2007).

El cultiu de l'ametller està difós abastament, distribuïnt-se tant en zones d'interior com en zones litorals. El cultiu en zones d'interior es veu limitat principalment pel clima, de caire continental, que determina que s'esdevinguin gelades primaverals freqüents. Aquestes fan minvar directament la productivitat de les varietats clàssiques de floració primerenca. En canvi, en les parcel·les localitzades a la zona litoral, un factor que limita principalment el cultiu és l'aparició de malalties i plagues afavorides per un clima més suau i humit.

Les principals malalties que proliferen amb més freqüència en el cultiu de l'ametller són el *brot sec*, també anomenada *fusicoccum* o *xancre* (*Phomopsis amygdali* (Delacr.) J. J. Tuset & M. T. Portilla) i la *taca ocre* (*Polystigma ochraceum* (Whalenb). Sacc.). A part, existeixen d'altres malalties com la *moniliosi* (*Monilia* sp.) i el *cribat* (*Coryneum beijerinckii* Oud.), entre d'altres (Muncharaz, 2004).

En els darrers anys s'han descrit diferències entre varietats d'ametllers pel que fa al grau de susceptibilitat/resistència tant en el cas de *fusicoccum* com en el cas de la *taca ocre* (Romero i Vargas, 1981; Vargas i Miarnau, 2009 i Vargas et al., 2009).

Les varietats 'Ferragnès' i 'Ferraduel' semblen tenir una certa resistència a la *taca ocre* (Muncharaz, 2004), i en canvi, són molt susceptibles al *brot sec* (Miarnau et. al, 2010). En canvi, la varietat 'Tarraco' es mostra susceptible a la *taca ocre*, però resistent al *brot sec* (Vargas et. al., 2009).

La tria de varietats segons el nivell de resistència a les principals malalties en una determinada zona permet reduir el nombre de tractaments fitosanitaris, augmentar la rendibilitat del cultiu, i així aconseguir que esdevingui un cultiu més competitiu.

En aquest treball s'estudien dues malalties fúngiques, el *brot sec* i la *taca ocre*, fent incidència sobretot en la susceptibilitat varietal en ametller.

1.2. El brot sec

1.2.1. Diagnòstic

El brot sec és causat per *Phomopsis amygdali* (Sinònim: *Fusicoccum amygdali*). Aquest és un ascomicet de l'ordre dels *Diaporthals* i família *Diaporthaceae* (MycoBank Database). No es coneix l'estat teleomorfe (Tuset i Portilla, 1987).

Aquest fong afecta majoritàriament a les espècies del gènere *Prunus*, destacant els ametllers, malgrat que també afecta presseguers, nectariners, albercoquers i pruneres (EPPO, 2004).

Aquesta malaltia és de lenta introducció en la parcel·la, mostrant-se els primers símptomes quan els arbres tenen 4-6 anys d'edat (Luque et al., 2006). La manifestació més típica i més greu s'observa al final de l'hivern i primavera, quan s'observa una dessecació ràpida i progressiva de les flors, gemmes i brots deguda a la infecció de les branques de l'any precedent. El fong també pot infectar fulles i fruits, dessecant-los.

Sobre brots i rams a la primavera s'observen xancres (1-5 cm) amb aspecte ovalat o el·lipsoïdal i coloració marronosa que s'estenen amb relativa simetria al voltant de les gemmes o en les proximitats d'aquestes. El nombre de xancres per branca és variable, però normalment la major densitat d'aquests es situa a la base de la branca (Tuset i Portilla, 1987). Els xancres poden arribar a anellar les branques provocant que es dessequin i morin. A la primavera aquests són els responsables de la síntesi d'una toxina anomenada fusicoccina, un diterpè glicosídic (Ballio et al., 1968) que provoca una obertura estomàtica irreversible que causa la dessecació i posterior necrosi. Aquesta toxina es trasloca a la part distal de la branca a través del xilema (Ballio, 1978) estimulando la H^+ -ATPasa de la membrana plasmàtica de les cèl·lules que constitueixen el teixit foliar, originant un gradient electroquímico que afavoreix l'entrada de K^+ , que finalment augmenta la turgència de les cèl·lules guarda, i en conseqüència l'obertura irreversible dels estomes (Buchenan et al., 2000), causant una deshidratació del teixits afectats. En aquesta deshidratació queden adherides les fulles groguenques o marronoses, amb els limbes marcats (Tuset i Portilla, 1987) (Figura 1).



Figura 1. Detall d'una branca afectada per brot sec (Font pròpia)

Sobre els xancres apareixen picnidis, que emeten conidis aglutinats en cirrus blanquinosos que es produeixen normalment durant la primavera (maig i juny) i que també esporulen a la tardor i estiu.

A part, a partir dels xancres també poden excretar-se exsudats de color groc clar (Almacellas i Marín, 2011).

1.2.2. Cicle de la malaltia i epidemiologia

Els conidis emesos sobre els xancres es disseminen principalment per l'impacte de les gotes de la pluja, o bé per humitats elevades i rosades (Ogawa, 1999). No obstant, els insectes també poden disseminar aquests conidis (Tuset, J., 2000).

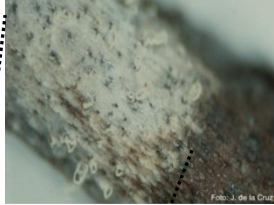
Els conidis penetren majoritàriament a la primavera a través de cicatrius de les escames de les gemmes, fulles, estípules i fruits, o bé de les flors. També poden penetrar directament a través dels brots joves (Ogawa, 1999).

Després de la infecció, els símptomes apareixen durant tot l'estiu, desenvolupant-se nous picnidis. La infecció també pot produir-se a l'estiu si les condicions climàtiques són les idònies per al desenvolupament de *F. amygdali*, i també a la tardor, aprofitant les ferides foliars produïdes per la caiguda de les fulles. El major condicionant perquè hi hagi una infecció és l'existència de pluges i/o una alta humitat ambiental per tal que els conidis puguin dispersar-se d'un brot a un altre. Així doncs, les zones litorals, seran les més afectades.

És a la tardor quan es continuen donant cicles d'infecció si les condicions de temperatura i humitat són òptimes (de 5 a 36°C els conidis són capaços de germinar, sempre que les condicions d'humitat siguin elevades) (Desmond *et al.*, 2008). El patògen, llavors, es pot continuar desenvolupant en el teixit vascular durant tota la tardor. A la primavera següent es tornen a donar nous cicles d'infecció.

Cicle de *P. amygdali* en ametller

Detall de picnidis i cirrus en un xancre (De La Cruz, 2007)



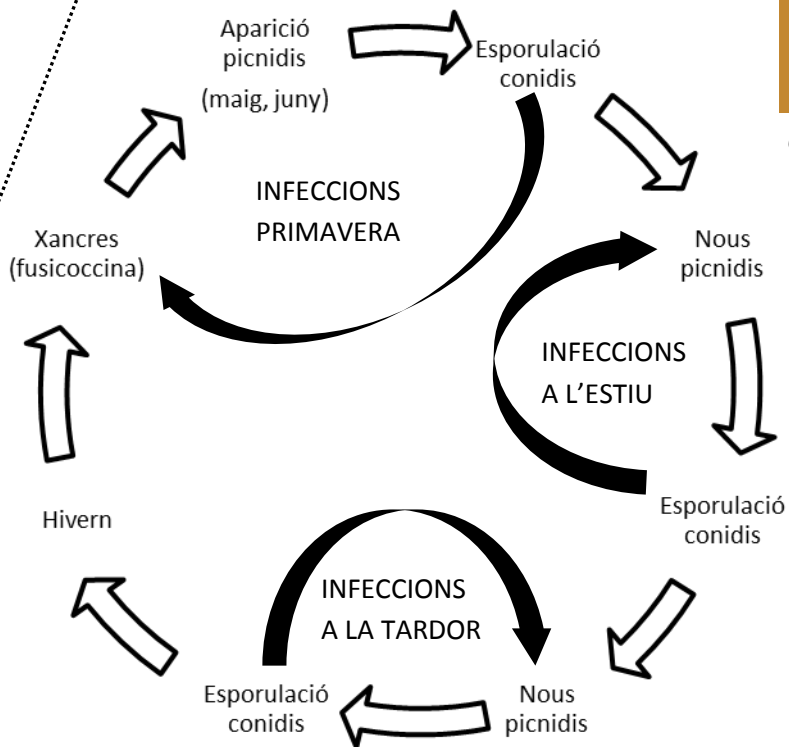
- Cicles d'infecció a través d'escames, gemmes, fulles, fruits, flors



Conidis (Santiago, 2007)



Xancre en ametller (Font pròpia)



Brot dessecat pel brot sec (Font pròpia)

- Nous cicles d'infecció a través de ferides foliars al caure la fulla
- Desenvolupament en teixit vascular

1.2.4. Control

Les principals estratègies per al control de les malalties en els cultius són el control químic mitjançant l'aplicació de productes fitosanitaris, l'ús de la resistència del material vegetal, el control cultural mitjançant canvis en les pràctiques agronòmiques, higiene, destrucció d'hostes alternatius que redueixin el risc epidèmic i el control biològic per inducció o potenciació d'enemics naturals.

1.2.4.1. Control químic

Per controlar el brot sec normalment s'apliquen dos o tres tractaments fitosanitaris. El primer tractament es fa al moment de la caiguda de les fulles mitjançant l'aplicació de coure (òxid cuprós o oxiclòrid de coure) i el segon a la caiguda dels pètals (Muncharaz, 2004).

Les dues formulacions de fungicides permeses per al control del brot sec són el captan 50% + metil tiofanat 18% [WP] P/P que s'aplica al voltant de floració o maduració dels fruits, i el ziram 76% [WG] P/P que pot aplicar-se fins a floració (MAGRAMA, 2012).

Si les condicions ambientals són humides s'ha de realitzar un segon tractament amb alguna de les dues formulacions esmentades i inclús un tercer tractament durant els mesos de maig o juny si fos necessari. Així es pot intentar que el patògen penetri a través de les ferides, sobretot si es produeixen pluges.

En el cas de parcel·les amb antecedents greus és necessari protegir-les mitjançant tractaments fungicides a l'inici de la brotació (Almacellas i Marín, 2011).

1.2.4.1. Control biològic

El control biològic utilitzat conjuntament amb aplicacions químiques resulta en un bon control del brot sec. S'utilitzen aplicacions de solució de *Trichoderma sp.* (10^6 espores/ml) sobre les cicatrius foliars durant la primavera i la caiguda de fulles (Rhouma, 2008).

1.2.4.1. Mesures culturals

Una de les principals i més importants mesures culturals és l'eliminació de les branques mitjançant l'esporga a l'hivern o a l'estiu. Els estris d'esporga han de ser desinfectats abans i després del seu ús.

Després, és necessari eliminar (retirar o cremar) de la parcel·la els brots afectats. Aquests no s'han de triturar per tal de no difondre les fonts d'inòcul (Almacellas i Marín, 2011).

A més a més, és necessari evitar els excessos d'adobat nitrogenat (Almacellas i Marín, 2011).

1.2.4.2. Ús de la resistència del material vegetal

Existeixen varietats d'ametller resistents al brot sec. Entre aquestes es poden destacar algunes varietats locals d'Espanya ('Bartre', 'Garrigues' i 'Mollar'), d'Itàlia ('Falsa Barese', 'Genco' i 'Rana'), de Portugal ('Casanova', 'Duro italiano' i 'José Díaz'), de França ('Ardechoise'), d'Estats Units d'Amèrica ('Texas') i pròpies de l'IRTA (Espanya) ('Tarraco', 'Masbovera', 'Vairo' i 'Marinada') (Vargas i Miarnau, 2011).

1.3. La taca ocre

1.3.1. Diagnòstic

L'agent causal de la taca ocre és *P. ochraceum*. És un fong ascomicet de l'ordre *Phyllachorals* i família *Phyllachoraceae* (MycoBank Database, 2004).

El símptoma característic d'aquesta malaltia és l'aparició de taques necròtiques foliars de color groguenc vermellós de diferent grandària (Figura 2).

La conseqüència directa, si els atacs són importants i freqüents, és la disminució de la capacitat fotosintètica de la planta (Muncharaz, 2004), afectant directament a la seva productivitat i produint un debilitament general de l'arbre. En certs casos es pot arribar fins i tot a la defoliació total de l'arbre (Tuset i Portilla, 1987).



Figura 2. Detall dels símptomes de taca ocre en fulles de la varietat 'Tarraco' (Font pròpia)

1.3.2. Cicle de la malaltia i epidemiologia

L'estat anamorf forma estromes groguencs amb una morfologia irregular. Aquests primer són groguencs i amb el temps el centre va esdevenint marronós-negre (Cannon, 1996).

Els picnidis comencen a formar-se a l'estroma mentre vira a un color vermellós. Els ostíols dels picnidis es situen al revers de les fulles. Les conídies són hialines i filiformes, de 25-30 µm x 1-1,5 µm. Es produeixen conidis durant l'estiu i la tardor, propiciant nous cicle d'infecció.

L'estat teleomorf apareix amb la formació de l'ascoestroma que cobreix grans porcions de les fulles. Es tracta d'una modificació de l'anterior estroma perquè van desenvolupant-se ascocarps, en aquest cas en forma de periteques (Cannon, 1996).

P. ochraceum sobreviu durant l'hivern en les fulles caigudes en forma de periteques. Aquestes tenen ascs que contenen vuit ascòspores unicel·lulars, hialines i amb una mida mitjana de 10x6 µm.

Les ascòspores es formen ja durant la tardor, i culminen el procés de maduració amb l'arribada de la primavera, coincidint amb la sortida de noves fulles. La màxima descàrrega d'ascòspores té lloc aproximadament un mes després de floració (Saad i Masannat, 1997). Les ascòspores, llavors, es dispersen per l'aire i germinen en el teixit del nou hoste, iniciant una nova infecció formant apressoris i clavilles d'infecció (MycoBank Database). El seu desenvolupament òptim es dona amb temperatures elevades, i proliferen més si la humitat relativa és alta (Tuset i Portilla, 1987; Muncharaz, 2004).

A continuació es mostra un esquema on es representa el cicle de *P. ochraceum* en ametller.

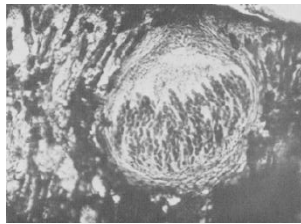
Cicle de *P. ochraceum* en ametller



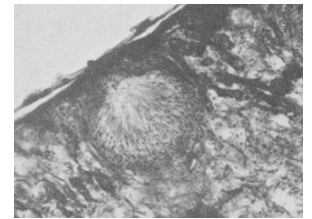
Ascs i ascòspores.
(Cannon, 1996)



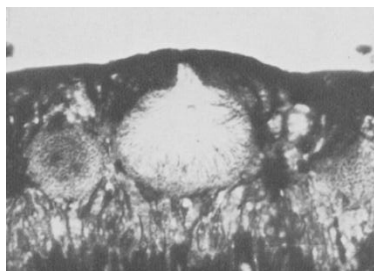
Estroma conidial (Font pròpia, 2011)



Ascocarp amb ascs madurs (Ghazanfari et al., 1976)



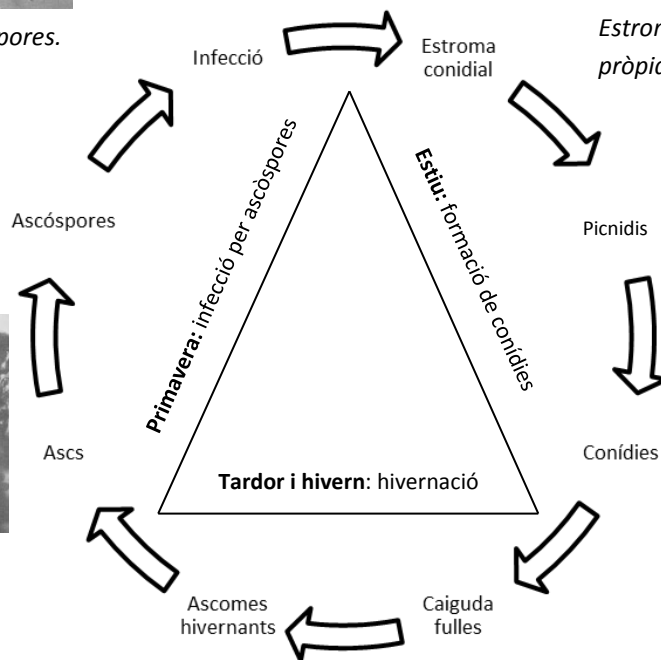
Picnidis amb conidis (Ghazanfari et al., 1976)



Inici d'ascocarp, una massa entreteixida de miceli originada per la desintegració dels picnidis (Ghazanfari et al., 1976)



Caiguda de fulles (Font pròpia, 2011)



1.3.3. Control

1.3.3.1. Control químic

La disponibilitat de productes autoritzats a Espanya per al control de la taca ocre en el cultiu de l'ametller és molt escassa. Les matèries actives recomanades són el captan, captan amb metil-tiofanat i tiram (aquesta última amb ús protegit) (MAGRAMA, 2012).

Normalment els fungicides s'apliquen en l'estadi fenològic 'H' (quan els pètals han caigut i el fruit ha quallat), que es dona des de mitjans d'abril a finals de maig. Per les varietats molt susceptibles és recomanable repetir l'aplicació, sobretot si es donen llargs períodes d'humectació (DARP, 2011).

També es pot realitzar un tractament a la caiguda de les fulles mitjançant l'aplicació de coure (òxid cuprós o oxicleur de coure).

1.3.3.2. Control cultural

Una bona mesura es basa en la destrucció de les fulles de la campanya anterior per reduir la font d'inòcul.

Una bona manera d'eliminar o destruir les fulles és mitjançant l'aplicació d'urea a la tardor (abans de la caiguda d'aquestes). Amb una sola aplicació d'urea al 7% durant dos anys pot arribar-se a controlar totalment la malaltia en la varietat 'Ne Plus ultra' (Lin, A. *et al.*, 1992).

1.3.3.3. Control per resistència

Existeixen diferències varietals en la susceptibilitat a la taca ocre. Les varietats 'Ferragnès' i 'Ferraduel' es consideren les varietats més resistents, i 'Guara' i 'Tuono' les més susceptibles (Vargas i Miarnau, 2009 i Muncharaz, 2004).

2. OBJECTIUS

L'objectiu general del treball és estudiar la susceptibilitat varietal en el cultiu de l'ametller a la taca ocre causada per *P. ochraceum* i al brot sec causat per *P. amygdali*.

Els objectius parcials d'aquest treball són:

- Establir una classificació de les diferents varietats d'ametller segons el grau de susceptibilitat al brot sec i a la taca ocre.
- Avaluar la distribució i importància del brot sec i de la taca ocre en les plantacions d'ametller de les províncies de Lleida i Tarragona.

El coneixement de la susceptibilitat varietal a aquestes dues malalties, així com el coneixement de la distribució i la seva importància a Catalunya, permetrà escollir les varietats òptimes segons la localització de la parcel·la.

3. MATERIAL I MÈTODES

3.1. Materials

3.1.1. Material biològic

3.1.1.1. Parcel·les

En la taula 1 es mostren les parcel·les on es va avaluar la incidència i la susceptibilitat varietal al brot sec i a la taca ocre.

Taula 1. Parcel·les mostrejades per a avaluar la susceptibilitat varietal al brot sec i a la taca ocre.

Parcel·la	Centre	Localització	Malaltia avaluada	Descripció
P3	IRTA Estació Experimental de Lleida	Les Borges Blanques (Lleida)	<i>Taca ocre</i>	Assaig d'intensificació del cultiu
P24	IRTA Estació Experimental de Lleida	Les Borges Blanques (Lleida)	<i>Taca ocre</i> , <i>Fusicoccum</i>	Assaig sense tractaments fungicides
P7	IRTA Mas Bover	Constantí (Tarragona)	<i>Taca ocre</i>	Col·lecció de noves varietats d'ametller
P13	IRTA Mas Bover	Constantí (Tarragona)	<i>Taca ocre</i> , <i>Fusicoccum</i>	Col·lecció de varietats de diferents parts del món

A continuació es detallen les característiques de cadascuna de les parcel·les:

P3: Assaig a la finca experimental de l'IRTA a Les Borges Blanques (Lleida)

- Intensificació del cultiu de l'ametller.
- Parcel·la amb diferents marcs de plantació (6 x 6 m; 5,5 x 3,5 m; 5 x 3 m; 5 x 2 m; 4,5 x 3 m) i sistemes de formació: vas clàssic (corresponent al marc de plantació 6 x 6 m), vas lliure (5,5 x 3,5 m), eix (5 x 3 m i 5 x 2 m) i mur fruiter (4,5 x 3 m).
- Data de plantació: 11 de juny de 2009 (plançó).
- Disseny estadístic: 3 files per cada sistema de formació i varietat.
- Varietats: 'Vairo' i 'Marinada'
- Portaempelt: INRA GF-677.
- Marc de plantació: Varis.
- Superfície: 0,5 ha.
- Condicions de cultiu: reg total amb aproximadament 5000 m³/ha.

P24: Assaig a la finca experimental de l'IRTA a Les Borges Blanques (Lleida)

- Plantació sense tractaments fungicides.
- Assaig brot sec i taca ocre.
- Data de plantació: 26 de febrer de 2009.
- Disseny estadístic: assaig de blocs a l'atzar amb 4 repeticions de 4 arbres per varietat i bloc.
- 21 varietats diferents.
- Portaempelt: INRA GF-677.
- Marc de plantació: 4,5 x 2 m.
- Superfície: 0,4 ha.
- Condicions del cultiu: reg total amb aproximadament 5000 m³/ha.

P7: Parcel·la de referència a la finca experimental de l'IRTA a Mas de Bover (Constantí, Tarragona)

- Noves seleccions i varietats d'ametller.
- Data de plantació: del gener del 2002 al febrer del 2007 (patró), amb posterior empeltat.
- Disseny estadístic: nombre variable d'arbres per varietat (8, 4 o 3), sense repetició.
- 44 varietats diferents.
- Portaempelt: INRA GF-677.
- Marc de plantació: 7 x 6 m.
- Superfície: 1,3 ha.
- Condicions de cultiu: reg total amb aproximadament 5000 m³/ha.

P13: Parcel·la de referència a la finca experimental de l'IRTA a Mas de Bover (Constantí, Tarragona)

- Parcel·la amb varietats procedents de diferents països de tot el món.
- Data de plantació: 17 de gener del 1986.
- Disseny estadístic: 3 arbres de cada varietat sense repeticions.
- Aproximadament 150 varietats.
- Portaempelt: 'Garrigues'.
- Marc de plantació: 6 x 6 m.
- Superfície: 1 ha.
- Condicions de cultiu: secà.

3.1.1.2. Varietats

En les taules 2 i 3 es mostra la relació de les varietats, la seva procedència i la parcel·la on es troben.

Taula 2. Llistat de les varietats locals segons la seva procedència i la parcel·la on es troben (Vargas i Miarnau, 2011).

Varietat	Procedència	Parcel·la
'Alicante'	Espanya	P13
'Angones'	Espanya	P13
'Ardechoise'	França	P13
'Asperilla'	Espanya	P13
'Atocha'	Espanya	P13
'Bartre'	Espanya	P13
'Belle d'Aurons'	França	P13
'Bertina'	Espanya	P13
'Carreró'	Espanya	P13
'Casanova'	Portugal	P13
'Cavaliera'	Itàlia	P13
'Cristomorto'	Itàlia	P13
'Domingo Davrio'	Espanya	P13
'Duro Italiano'	Portugal	P13
'Falsa Barese'	Itàlia	P13
'Gabaix'	Espanya	P13
'Garrigues'	Espanya	P13
'Genco'	Itàlia	P13
'Johnson's Prolific'	Austràlia	P13
'Jose Díaz'	Portugal	P13
'Llargueta'	Espanya	P24, P13, P7
'Marcona'	Espanya	P13, P7
'Mollar de Tarragona'	Espanya	P13
'Nano'	Espanya	P13
'Nonpareil'	Estats Units d'Amèrica	P13, P7
'Parada'	Portugal	P13
'Parkinson'	Austràlia	P13
'Pauet'	Espanya	P13
'Pep de Juneda'	Espanya	P13
'Pestañeta'	Espanya	P13
'Ramillete'	Espanya	P13, P7
'Rana'	Itàlia	P13
'Retsou'	Grècia	P13
'Rof'	Espanya	P13
'Rumbeta'	Espanya	P13
'Somerton'	Austràlia	P13
'Tardy Nonpareil'	Estats Units	P13
'Texas'	Estats Units	P13
'Titan'	Estats Units	P13
'Tuono'	Itàlia	P24, P13
'Verd'	Espanya	P13
'Vesta'	Estats Units	P13
'Wawona'	Estats Units	P13

Taula 3. Llistat de les varietats procedents de diferents programes de millora segons la seva procedència i la parcel·la on es troben (Vargas i Miarnau, 2011).

Varietat	Procedència	Parcel·la
'Antoñeta'	Espanya (CEBAS-CSIC)	P13
'Anxaneta'	Espanya (IRTA)	P13
'Belona'	Espanya (CITA)	P24, P7
'Blanquerna'	Espanya (CITA)	P13
'Cambra'	Espanya (CITA)	P13
'Constantí'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7
'Felisia'	Espanya (CITA)	P13
'Ferraduel'	França (INRA)	P13
'Ferragnès'	França (INRA)	P24, P13
'Ferrastar'	França (INRA)	P13
'Francolí'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7
'Garbí'	Espanya (IRTA)	P13
'Glorieta'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7
'Guara'	Espanya (CITA)	P24, P13, P7
'Lauranne'	França (INRA)	P24, P13
'Mandaline'	França (INRA)	P13
'Mardia'	Espanya (CITA)	P24, P7
'Marinada'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7, P3
'Marta'	Espanya (CEBAS-CSIC)	P24, P13
'Masbovera'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7
'Moncayo'	Espanya (CITA)	P13
'Penta'	Espanya (CEBAS-CSIC)	P24, P7
'Primorskiy'	Rússia (Ucraine, SNBG)	P13
'Soleta'	Espanya (CITA)	P24, P7
'Stelliette'	França (INRA)	P13
'Supernova'	Itàlia (ISF)	P13
'Tardona'	Espanya (CEBAS-CSIC)	P24, P7
'Tarraco'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7
'Tarragonès'	Espanya (IRTA)	P13
'Vairo'	Espanya (IRTA)	P24, P13, P7, P3

3.1.2. Material no biològic

El material no biològic utilitzat en tot el procés d'avaluació va ser el següent, en ordre alfabètic:

- Bosses de plàstic (15 litres)
- Càmera fotogràfica: 'Nikon Coolpix S220' i 'Sony DSC F717'
- Etiquetes adhesives
- Retolador permanent
- Tisores de podar

3.2. Metodologia

3.2.1. Avaluació de la susceptibilitat de les diferents varietats d'ametller al brot sec

La susceptibilitat al brot sec es determina segons la quantitat de símptomes en condicions naturals (punt 3.2.1.1.), i segons el desenvolupament del xancre provocat per inoculacions artificials (punt 3.2.1.2.).

3.2.1.1. Avaluació de la quantitat de símptomes per cada varietat en condicions naturals

Amb aquesta avaluació es pretén estimar la quantitat de malaltia en funció de la quantitat de brots secs causats per *P. amygdali* en cada varietat. S'utilitza una escala amb 5 categories (Vargas i Miarnau, 2009) extrapolada de 0 a 4, on 0 indica que es tracta d'una varietat que presenta absència de brots secs, i 4 que presenta gran quantitat de brots secs.

Si es relaciona un major nombre de brots secs a una major susceptibilitat, una varietat inclosa dins de la categoria 0 de l'escala es considera molt resistent, i una varietat inclosa dins la categoria 4 es considera molt susceptible (Figura 3).

Aquesta valoració es va dur a terme a la parcel·la P13 (Taula 1), que conté tres ametllers per de cada varietat, d'un total de 67 varietats. El valor d'afectació per brot sec en cada varietat es va estimar segons la quantitat de símptomes que presentaven els tres arbres el 24 d'agost, el 9 de setembre i el 6 d'octubre de 2011.

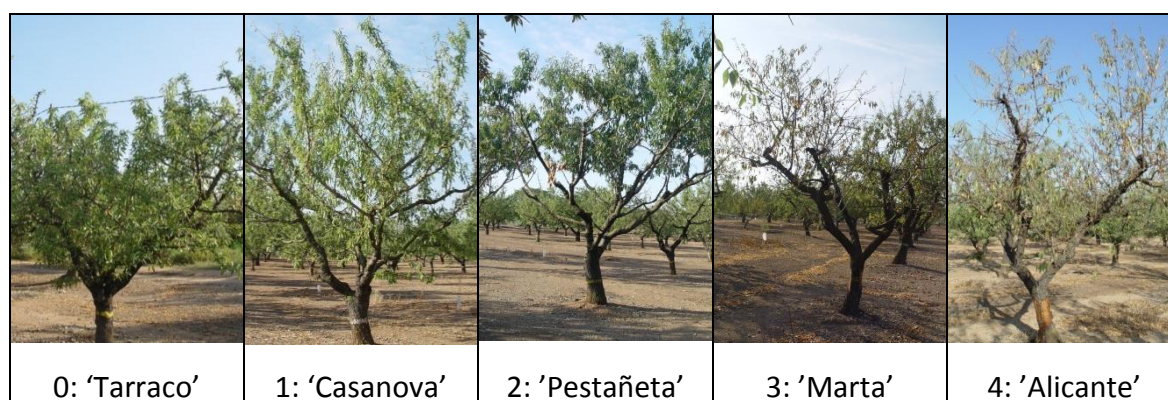


Figura 3. Varietats amb diferent grau de susceptibilitat al brot sec, determinat pels índexs de 0 (varietat molt resistent) a 4 (molts susceptible) (Font pròpia).

3.2.1.2. Avaluació del desenvolupament del xancre després d'inoculacions artificials

Aquest tipus d'avaluació consisteix en la inoculació artificial del patogen en el brot per tal que es desenvolupi un xancre i mesurar el desenvolupament d'aquest en les diferents varietats d'ametller avaluades.

Prèviament a la inoculació es va cultivar *P. amygdali* en medi PDA (agar-patata dextrosa) a 25°C a les fosques durant 15-20 dies.

La inoculació es va realitzar aplicant un fragment de miceli desenvolupat sobre el medi de PDA de 3 x 3 mil·límetres sota l'escorça de les branques mitjançant una petita incisió realitzada amb un bisturí. Posteriorment, es va cobrir amb Parafilm per tal que l'inòcul no es dessequés i la infecció fos exitosa. A continuació, es van col·locar etiquetes de colors vistosos a les branques inoculades perquè fossin visibles (Figura 4).



Figura 4. Brots secs inoculats artificialment i identificats amb una etiqueta vermella (Font pròpia)

Les inoculacions es van dur a terme el 15 de juny, i es van inocular totes les varietats de la parcel·la P24 (3.1.1.2.). Es van inocular quatre branques per varietat i bloc.

Aproximadament dos mesos després, el 18 d'agost, es va mesurar la longitud del xancre. Aquesta longitud s'utilitza com a variable indicadora de la susceptibilitat de les varietats (Luque et al., 2006). Per cada inoculació es mesura la longitud total del xancre, tal com mostra la Figura 5.



Figura 5. Brot inoculat i afectat per *P. amygdali*. El punt blanc indica on es va realitzar la inoculació. La fletxa indica la longitud total del xancre.

3.2.2. Avaluació de la susceptibilitat de diferents varietats d'ametller a la taca ocre

Per tal de valorar la susceptibilitat a la taca ocre de diferents varietats d'ametller, es van dur a terme dos tipus de valoracions visuals.

La primera valoració visual (3.2.1.1.) estima de forma global la quantitat de símptomes mitjà en una varietat; en canvi, la segona valoració (3.2.1.2.) permet quantificar la severitat o percentatge de superfície foliar mitjana afectada per *taca ocre* en una determinada varietat.

3.2.2.1. Avaluació visual de la quantitat mitjana de símptomes en una varietat

Aquest tipus d'avaluació consisteix en una valoració visual de la quantitat de taques foliars causades per *P. ochraceum* en una varietat, de manera que depenent del nivell d'afectació pugui classificar-se cada varietat dins d'una escala de cinc categories (Vargas i Miarnau, 2009) extrapolada de 0 a 4; El valor de 0 correspon a varietats amb absència de símptomes, i 4 a varietats amb molta presència de símptomes.

Si es relaciona la quantitat de símptomes amb la susceptibilitat de cada varietat a la taca ocre, una varietat amb un valor de 0 (absència de símptomes) correspondrà a una varietat molt resistent, i en canvi una varietat amb un nivell mitjà de 4, correspondrà a una varietat molt susceptible, ja que presenta gran quantitat de símptomes. D'aquesta manera es poden classificar les varietats segons la susceptibilitat que presenten davant la taca ocre segons aquesta mateixa escala: 0: varietat molt resistent; 1: varietat

resistent; 2: varietat mitjanament resistent; 3: varietat susceptible; 4: varietat molt resistent (Figura 6).

Aquesta metodologia es va dur a terme a totes les varietats de la parcel·la P24 (descrita a l'apartat 1.1.) el 18 d'agost de 2011.



Figura 6. Varietat que presenta un nivell 1 en relació a la quantitat de símptomes per taca ocre. A baix, varietat amb nivell 3.

3.2.2.2. Avaluació de la severitat foliar mitjana per cada varietat

L'objectiu és determinar el percentatge de superfície foliar amb símptomes (o severitat foliar) causats per taca ocre en cada varietat. La metodologia per a quantificar la severitat foliar consta dels següents passos:

1. Elaboració d'una escala quantitativa del nivell de severitat

1.1. S'escullen 3 fulles representatives de cada nivell d'una escala amb valors del 0 al 4 (0: fulles sense símptomes de taca ocre; 4: fulles amb molts símptomes per taca ocre) (Figura 7).



Foto 7. Fulles representatives de cada valor de l'escala , segons la quantitat de taques que presenten per taca ocre

1.2. Càlcul del percentatge de superfície amb símptomes de les fulles representatives de cada nivell.

1.2.1. Fer fotos de les tres fulles representatives de cada nivell de l'escala en un fons grisós pàl·lid.

1.2.2. Determinació en cada fotografia del nombre de píxels de color verd existents (Pv), corresponents a la fulla en bon estat, així com del nombre de píxels amb una coloració pròpia dels símptomes característics de taca ocre (Po).

- Determinar l'amplada (X) i l'alçada (Y) de la fulla mitjançant el software Adobe Photoshop.
- Es comproven els valors de color RGB (Red Green Blue) de cada píxel mitjançant dos bucles aniuats. El primer entre 0 i X , i el segon entre 0 i Y. L'aplicatiu utilitzat (en llenguatge PHP) apareix a l'Annex 1 (punt 6.1.). Les fotografies que es vulguin analitzar i l'aplicatiu, es pugen a un servidor des d'on es podrà accedir des de qualsevol navegador, s'executarà l'algoritme i s'enviaran els resultats a l'ordinador des del qual s'hagi accedit.
- Atès que el fons és gris clar, els valors R, G i B pràcticament són iguals. Si s'observen els valors, aquests estan al voltant de 200 (Negre = 0; Blanc = 255). Com que en el fons de la fotografia podem trobar-nos amb píxels grisos més potents, es baixa el llindar a 180. Per tant, els valors R, G i B del fons tenen valors pràcticament iguals i superiors a 180.
- D'aquesta manera es comparen els valors R, G i B entre ells i amb 180, i es determina si correspon a un píxel de fons o de fulla.
- Si es tracta d'un píxel de fons, aquest es descarta. Si, en canvi, és un píxel corresponent a l'àrea foliar, es comprova si el component verd (G) és major que el component vermell (R). Si és el cas, es tractarà d'un píxel corresponent a una àrea sense símptomes. En cas

contrari, si el component verd (G) del píxel és menor que el component vermell (R), es tractarà d'un píxel corresponent a una àrea amb símptomes. Depenent de cada cas s'incrementa en 1 el comptador de píxels verds o píxels amb símptomes.

1.2.3. Quan es finalitza el procés per tots els píxels de la fotografia es calcula el percentatge d'àrea amb símptomes, que correspon a:

- $\% \text{ Àrea foliar amb símptomes} = (Po/(Pv+Po))*100$

1.2.4. Càlcul de la mitjana del percentatge de superfície amb símptomes per cada categoria de l'escala (corresponent a tres fotografies). Un cop tenim la mitjana (nivell 1: 5%; nivell 2: 15%; nivell 3: 35%; nivell 4: 75%) es construeixen els intervals:

Taula 5. Escala model per a l'avaluació de superfície foliar afectada per taca ocre

Valor utilitzat en l'escala	Interval de superfície amb símptomes (%)
0	0-0,1
1	0,1-10
2	10-20
3	20-50
4	≥50

Els percentatges de superfície amb símptomes calculats per a cada valor de l'escala corresponen als valors de severitat foliar.

2. Mostreig

S'escullen a l'atzar 100 fulles per cada varietat d'ametller. Per fer-ho, es recullen 8 brots a l'atzar de cada varietat d'ametller i bloc, tenint en compte d'agafar-los en totes les direccions de l'arbre.

Es col·loquen en una bossa de plàstic i es duen al laboratori, on es seleccionen 100 fulles a l'atzar i es classifiquen en les 5 categories de l'escala segons el nivell de símptomes per taca ocre.

Per a cada varietat s'obté, doncs, un nombre de fulles per cada nivell de l'escala, és a dir, per cada interval de severitat foliar (taula 5).

Es multipliquen el nombre de fulles de cada nivell de l'escala per la mitjana de severitat foliar corresponent a cada nivell (5%, 15%, 35% o 75%). D'aquesta manera s'obté la superfície amb símptomes d'una determinada varietat.

A partir de les dades obtingues és possible calcular la severitat foliar mitjana d'una varietat. Per a determinar el nivell de resistència/susceptibilitat de cada varietat es divideix el valor de la severitat foliar obtingut per a cada varietat pel valor de la severitat de la varietat més susceptible en cada avaluació multiplicat per cent. D'aquesta manera obtenim un valor d'afectació relatiu respecte la varietat més afectada.

Els valors de severitat relatius determinen el grau de resistència/susceptibilitat de les varietats avaluades.

Aquesta metodologia es va dur a terme a les parcel·les P3, P24, P7 i P13 (Taula 4) en les dates que es mostren a continuació (Taula 6):

Taula 6: Parcel·les i dates en les que es van realitzar les avaluacions de la severitat de taca ocre

Parcel·la	Data d'avaluació
P24	11 d'agost i 14 de setembre de 2011
P3	7 de setembre i 3 d'octubre del 2011
P13	28 d'agost de 2011
P7	1 de setembre de 2011

En les parcel·les P24 i P3 es realitzen dos mostrejos per poder avaluar l'evolució de la malaltia.

3.2.3. Avaluació de la severitat foliar en cada varietat segons el marc de plantació i el sistema de formació en una plantació d'alta densitat

Aprofitant que a la parcel·la P3 (descrita al punt 3.1.1.1.1.) s'hi està realitzant un assaig d'intensificació del cultiu de l'ametller, es pretén determinar l'efecte de diferents marcs de plantació i sistemes de formació en els valors de superfície amb símptomes o severitat de les varietats presents en la parcel·la (Taula 2; punt 3.1.1.1.2.).

La formació en vas clàssic té un marc de plantació de 6 x 6 m, en vas lliure de 5,5 x 3,5 m, en mur fruiter de 4,5 x 3 m, i en eix existeixen ametllers amb un marc de plantació de 5 x 3 m, que corresponen a una formació en eix semi-estructurat i de 5 x 2 m corresponents a una formació en eix lliure.

Les varietats avaluades a la parcel·la són 'Vairo' i 'Marinada' (punt 3.1.1.1.2.). Es van realitzar dues avaluacions de la severitat foliar separades en el temps: una al setembre i a l'altra al mes d'octubre de 2011.

Els diferents marcs de plantació i sistemes de formació determinen la densitat vegetativa en cada cas, la qual interfereix en la llum interceptada i en la humitat ambiental.

Els factors que afavoreixen el desenvolupament de *P. ochraceum* són l'existència de temperatures altes, a part d'unes condicions d'humitat elevades (Muncharaz, 2004). Per tant, la hipòtesi és que els marcs de plantació reduïts i els sistemes de formació que afavoreixin una major densitat del fullatge (que mantenen les condicions d'humitat) afavoriran possiblement un major desenvolupament de la malaltia.

La densitat del fullatge (m^3) per unitat de superfície (ha) per a cada varietat i marc de plantació es calcula a partir del volum de massa vegetativa per arbre i el número d'arbres per unitat de superfície.

El volum de cada arbre es determina mitjançant la mesura de l'alçada de l'arbre, de dos diàmetres diferents de la copa i de l'alçada del tronc (Figura 8). El nombre d'arbres per unitat de superfície ve donat pel marc de plantació.

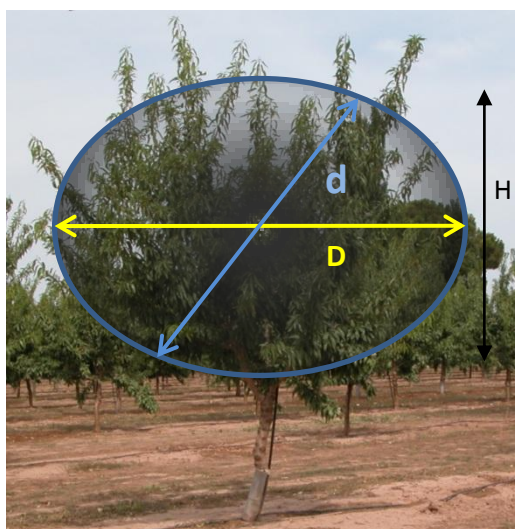


Figura 8. Ametller de la varietat Marinada en un marc de plantació de 6x6 m i sistema de formació en vas a la parcel·la P3. Les fletxes representen les mesures preses a cada arbre ('d': diàmetre 1; 'D': diàmetre 2; 'H': alçada de la copa de l'arbre). L'el·lipsoide representa la figura a la qual s'assimila la capçada de l'arbre.

El volum es calcula assimilant el volum de la copa d'un ametller al d'un el·lipsoide en els casos de vas clàssic, vas lliure, eix semi-estructurat i mur fruiter. En canvi, la formació en eix lliure s'assimila al volum d'un con circular (Figura 9).






Vas clàssic	Vas lliure	Eix semi-estructurat	Eix lliure	Mur fruiter
El·lipsoide	El·lipsoide	El·lipsoide	Con circular	El·lipsoide
$4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$	$4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$	$4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$	$1/3 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot h$	$4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$
				

Figura 9. Tipus de sistemes de formació existents a la parcel·la P3 de Les Borges Blanques. Per cada un s'indica el càlcul per obtenir el volum de massa vegetativa per arbre, depenent de la forma geomètrica que correspon a cada sistema de formació (Figura 10).

A partir de les mesures dels diferents marcs de plantació es calculen el nombre d'arbres per hectàrea, i a partir d'aquesta variable i el volum de cada arbre es calcula el volum per hectàrea, que es relacionarà directament amb la quantitat de símptomes causats per taca ocre en les diferents varietats segons el sistema de formació i marc de plantació.

3.2.4. Importància de la taca ocre i del brot sec en les províncies de Tarragona i Lleida

A Catalunya el cultiu d'ametller ocupa unes 43.000 ha, majoritàriament de secà. Les dues principals zones productores d'ametlla corresponen a les províncies de Tarragona i Lleida, amb unes 23.000 ha i 18.000 ha de superfície productiva, respectivament (MAGRAMA, 2010).

Aquestes dues províncies difereixen molt en el clima: Lleida es troba en una àrea interior (clima amb temperatures extremes i poca humitat), i Tarragona en una zona litoral, amb influència marítima, causant temperatures més suaus i humitat més elevada.

Aquesta diferència té importància pel que fa al desenvolupament de les dues malalties fúngiques. El brot sec té la seva major incidència en zones amb elevada humitat ambiental (àrees litorals) i la taca ocre en climes amb temperatures més càlides (àrees de l'interior) (Tuset i Portilla, 1987).

L'objectiu és determinar la distribució i importància d'aquestes dues malalties en les principals zones productores d'ametlla de la província de Lleida i Tarragona.

Es van escollir a l'atzar un total de 50 finques d'ametllers de les províncies de Lleida i Tarragona, i es va avaluar visualment la quantitat mitjana de símptomes causats per taca ocre i brot sec. El mostreig de les finques es va realitzar entre el 18 d'agost i el 22 de setembre de 2011.

Cada finca es va inspeccionar visualment i es va realitzar un recorregut en zig-zag, estimant la quantitat de malaltia de la taca ocre i del brot sec. El procediment pel qual s'avalua el nivell d'afectació per brot sec és el descrit en l'apartat 3.2.1.1., i per taca ocre el descrit en l'apartat 3.2.2.1..

Per cada plantació es van anotar les coordenades, i el tipus de varietat (local o procedent d'un programa de millora). Utilitzant 'Google Earth, versió 6.2.1.6014 (beta)', es van situar en l'espai les parcel·les avaluades.

3.3. Anàlisi estadístic de les dades

Les dades d'afectació per brot sec (obtingudes d'avaluacions en condicions naturals i artificials) i per taca ocre (obtingudes per avaluacions de la quantitat de símptomes mitjana i per avaluacions del percentatge de superfície amb símptomes o severitat foliar) de les diferents parcel·les es van analitzar mitjançant un anàlisi de la variància. Abans de realitzar l'anàlisi es va comprovar la normalitat i la homogeneïtat de les variàncies, amb les proves de Kolmogorov-Smirnov i de Levene, respectivament.

Si les dades obtingudes no acomplien amb aquests supòsits, es varen normalitzar amb la transformació logarítmica ' $\log (valor+1)$ ' per tal de realitzar el seu estudi estadístic.

Posteriorment, s'utilitza el Test de Rangs Múltiples de Duncan o bé el Contrast de Mínima Diferència Significativa de Fisher (LSD) per tal d'establir una separació de mitjanes, ambdós amb un nivell de confiança del 95%.

En el cas de l'anàlisi estadístic de l'evolució de la taca ocre en el temps, les dades de percentatge mitjà de superfície foliar amb símptomes es van tractar com a dades aparellades, relacionant la quantitat de símptomes foliars final amb els que presentaven en un inici. Es va utilitzar l'estadístic t d'Student.

El software estadístic que s'ha utilitzat per al tractament de dades és Statgraphics Centurion VI.I. Versió 16.1.15.

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.1. Brot sec

4.1.1. Desenvolupament del brot sec en condicions naturals

4.1.1.1. Segons la data d'avaluació

Segons l'escala d'avaluació de l'afectació per brot sec proposada per Vargas i Miarnau (2009) la incidència mitjana de brot sec durant el període del 24 al 30 d'agost en les 67 varietats avaluades en la parcel·la P13 (Mas Bover, Constantí), va ser de $1,85 \pm 0,12$. Per altra banda, la incidència mitjana de brot sec el 9 de setembre va ser de $2,44 \pm 0,12$ i de $2,75 \pm 0,15$ el 6 d'octubre de 2011.

En la taula 5 es mostra que la incidència mitjana per brot sec augmenta amb el temps ($F=28,28$ i $p<0,001$), essent major la incidència mitjana en els mesos de setembre i octubre en comparació amb la incidència mitjana al mes d'agost (Taula 5).

Taula 5. Valors d'afectació per brot sec en condicions naturals segons la data de mostreig

Data del mostreig	n ¹	Afectació mitjana \pm EE ²	
24-30 agost	67	$1,85 \pm 0,12$	a
9 setembre	67	$2,44 \pm 0,12$	b
6 octubre	67	$2,75 \pm 0,15$	b

¹ Nombre total de varietats avaluades

² Valors seguits amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan, $p<0,05$)

La quantitat de brots secs que s'observen van augmentant amb el temps, degut a que a partir que es dona la infecció inicial es van produint cicles d'infecció si les condicions de temperatura i humitat són adequades: de 5 a 36°C i condicions d'humitat elevades (Desmond et al., 2008).

4.1.1.2. Segons varietat

Existeixen diferències significatives en la incidència de brot sec segons la varietat avaluada ($F=6,07$ i $p<0,001$).

En l'escala proposada per Vargas i Miarnau (2009), la varietat 'Alicante' és la que ha presentat major incidència mitjana amb un valor mitjà de 4. La varietat 'Ardechoise' és la que ha presentat una menor incidència, amb un valor mitjà de 0,3.

Dins d'aquest rang s'han classificat les varietats en tres grups segons el nivell d'incidència (a: 'Resistents', ab: 'Intermèdies' i b: 'Susceptibles') mitjançant el Contrast de Mínima Diferència Significativa de Fisher (LSD) amb un nivell de confiança del 95%.

En la Taula 6 es mostra el nombre de varietats que corresponen a cada grup i la incidència mitjana per cadascun. La incidència del grup de varietats resistents difereix significativament de la incidència mitjana del grup de varietats susceptibles ($F=6,07$ i $p<0,001$). No obstant, el grup intermedi ('ab') no difereix significativament dels grups contigus (grups 'a' i 'b'), però no pertany a cap dels dos grups.

Taula 6. Distribució de les varietats avaluades en grups segons el grau d'afectació mitjana per brot sec.

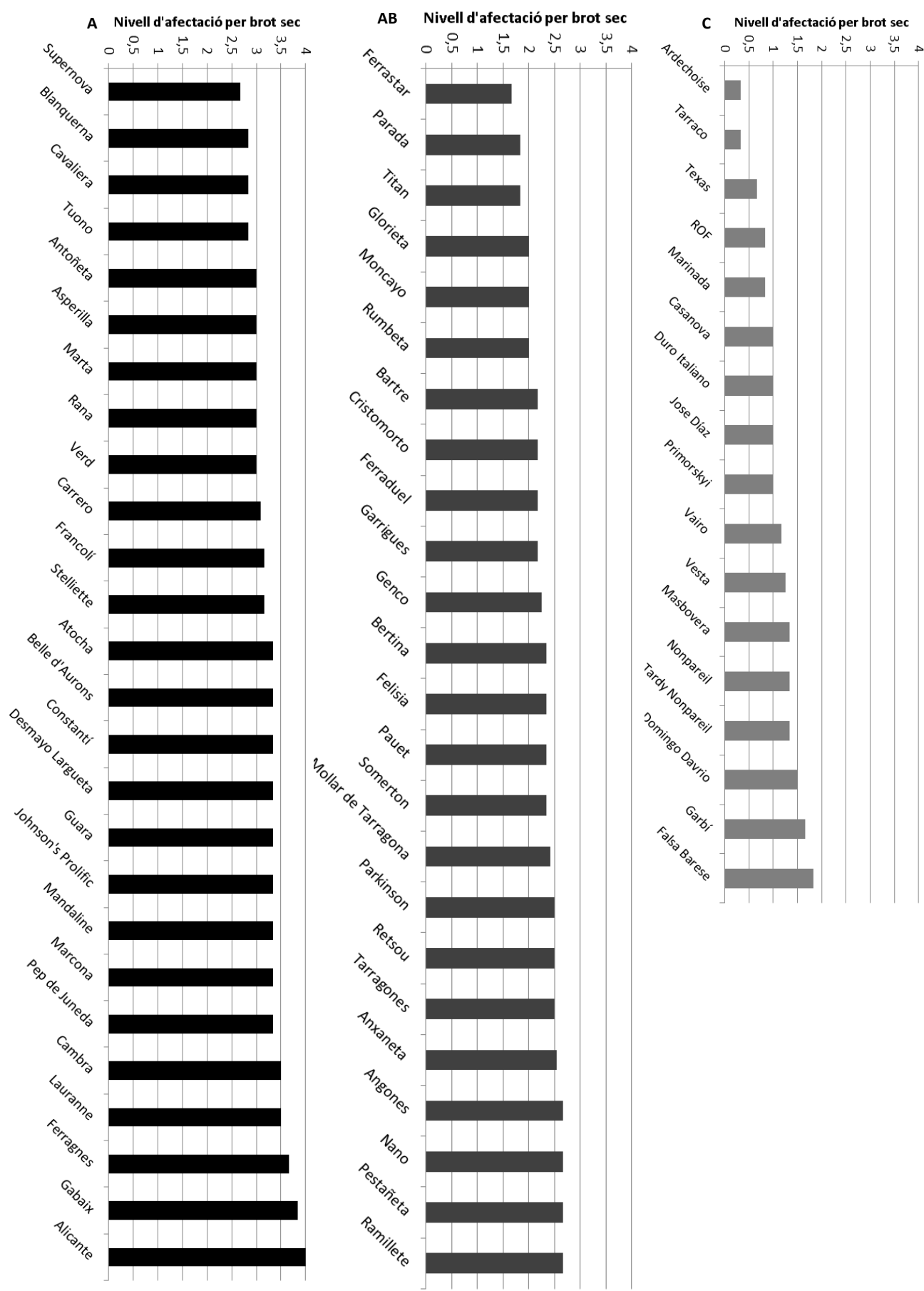
Varietats	n ¹	x ²	Afectació mitjana \pm EE
Resistents	17	3	1,08 \pm 0,1
Grup intermedi	24	3	2,28 \pm 0,06
Susceptibles	26	3	3,23 \pm 0,06

¹ Nombre d'arbres en cada grup

² Nombre de repeticions

Al gràfic 1, 2 i 3 es representen els tres grups de varietats, on estan indicades les varietats pertanyents a cada grup i els valors d'afectació per brot sec mitjà per cada varietat.

Gràfic 1, 2 i 3. Varietats classificades segons el nivell d'afectació mitjana de les tres dates avaluades per brot sec en condicions naturals (escala de Vargas i Miarnau, 2009). a: varietats 'Resistents', ab: 'Intermèdies' i b: 'Susceptibles'.



Per tant, podríem classificar les varietats avaluades de la parcel·la P13 en tres grups diferenciats segons la susceptibilitat al brot sec. A la Taula 7 s'expressen els valor d'incidència relativa de cada varietat dels tres grups de susceptibilitat. D'aquesta manera s'extreu l'efecte de l'ambient en el major o menor desenvolupament de la malaltia.

Taula 7. Classificació de les varietats avaluades segons l'afectació per brot sec en condicions naturals (escala de Vargas i Miarnau, 2009) a la parcel·la P13 de Mas Bover. Per cada varietat s'expressa la incidència mitjana i la incidència relativa (en %) respecte la varietat 'Alicante', la qual ha estat la varietat amb major incidència de la parcel·la P13. En cada grup les varietats estan ordenades segons la incidència relativa mitjana.

Varietats resistents (1,08±0,1)	Incidència relativa (%)	Varietats intermèdies (2,28±0,06)	Incidència relativa (%)	Varietats susceptibles (3,23±0,06)	Incidència relativa (%)
'Tarraco'	8,25	'Ferrastar'	41,75	'Supernova'	66,67
'Ardechoise'	8,33	'Titan'	45,75	'Blanquerna'	70,83
'Texas'	16,75	'Parada'	45,75	'Cavallera'	70,83
'Marinada'	20,75	'Glorieta'	50,00	'Tuono'	70,83
'Rof'	20,75	'Moncayo'	50,00	'Antoñeta'	75,00
'Casanova'	25,00	'Bartre'	54,25	'Asperilla'	75,00
'Duro Italiano'	25,00	'Cristomorto'	54,25	'Marta'	75,00
'Jose Díaz'	25,00	'Ferraduel'	54,25	'Rana'	75,00
'Primorskyi'	25,00	'Garrigues'	54,25	'Verd'	75,00
'Vairo'	29,25	'Genco'	56,25	'Carrero'	77,08
'Vesta'	31,25	'Bertina'	58,25	'Francolí'	79,17
'Masbovera'	33,25	'Felisia'	58,25	'Stelliette'	79,17
'Nonpareil'	33,25	'Pauet'	58,25	'Atocha'	83,25
'Tardy Nonpareil'	33,25	'Mollar de Tarragona'	60,50	'Belle d'Aurons'	83,25
'Domingo Davrio'	37,50	'Parkinson'	62,50	'Constantí'	83,33
'Garbí'	41,75	'Anxaneta'	63,50	'Llargueta'	83,33
'Falsa Barese'	45,75	'Angones'	66,75	'Guara'	83,33
		'Nano'	66,75	'Johnson's Prolific'	83,33
		'Parada'	45,75	'Mandaline'	83,33
		'Glorieta'	50,00	'Marcona'	83,33
		'Moncayo'	50,00	'Pep de Juneda'	83,33
		'Bartre'	54,25	'Cambra'	87,50
		'Cristomorto'	54,25	'Lauranne'	87,50
		'Ferraduel'	54,25	'Ferragnes'	91,67
		'Garrigues'	54,25	'Gabaix'	95,83
				'Alicante'	100,0

La varietat 'Falsa Barese' (resistent) té una incidència relativa major que no pas la varietat 'Ferrastar' (intermèdia). Això s'explica perquè el grup de varietats resistents (a) no difereix significativament del grup de varietats intermèdies (ab), i les varietats extremes de cada grup no estan del tot definides en un grup o l'altre.

En línies generals aquesta classificació de les varietats segons la susceptibilitat al brot sec coincideix amb la proposada per Vargas i Miarnau (2009), però a diferència dels cinc grups definits, en aquest treball únicament se'n defineixen tres.

En més detall, existeixen dues varietats discordants: 'Garbí' i 'Rana'. La primera apareix com a resistent en aquesta avaluació, amb un valor mitjà d'incidència de $1,67 \pm 0,67$. En canvi, segons Vargas i Miarnau (2009) 'Garbí' és una varietat susceptible.

L'altre diferència és en la susceptibilitat de la varietat 'Rana'. En aquest treball aquesta varietat es classifica en el grup de varietats susceptibles, amb un valor d'incidència mitjà de $3 \pm 0,58$. En canvi, segons Vargas i Miarnau (2009) es tracta d'una varietat molt resistent.

Per altra banda es coneix l'origen d'algunes varietats, resultat de l'encreuament de varietats originals. Aquesta informació juntament amb la classificació d'aquestes varietats segons la susceptibilitat al brot sec, permet comprovar quines varietats originals han donat el caràcter de susceptibilitat o resistència a la progènie (Vargas i Miarnau, 2009) (Taula 8).

Taula 8. Origen d'algunes varietats avaluades segons si aquestes són resistents o susceptibles a brot sec (Vargas i Miarnau, 2009).

Varietats resistents	Origen	Varietats susceptibles	Origen
'Masbovera'	'Primorskyi' x 'Cristomorto'	'Antoñeta'	'Ferragnès' x 'Tuono'
'Tarraco'	('Ferralise' x 'Tuono') x ('Primorskyi' x 'Cristomorto')	'Cambra'	'Ferragnès' x 'Tuono'
		'Constantí'	'Ferragnès' x 'Ferraduel'
		'Lauranne'	'Ferragnès' x 'Tuono'
		'Mandeline'	'Ferralise' x 'Tuono'
		'Marta'	'Ferragnès' x 'Tuono'
		'Stelliette'	'Ferragnès' x 'Tuono'

Pel que fa a les varietats resistents, s'observa que 'Masbovera' i 'Tarraco' provenen d'un encreuament de 'Primorskyi' x 'Cristomorto'. Per tant, sembla que el caràcter de resistència prové d'aquestes dues varietats. 'Primorskyi' presenta una incidència relativa del 25% (classificada en el grup de varietats resistents) i 'Cristomorto' d'un 54,25%. Aquesta última varietat està classificada dins el grup de varietats intermèdies.

Pel que fa a les varietats susceptibles, 'Ferragnès' i 'Tuono' són les varietats originals de quasi totes les varietats susceptibles de la Taula 8. Per tant, el caràcter de susceptibilitat al brot sec sembla que prové d'aquestes dues varietats (Vargas i Miarnau, 2009). 'Ferragnès' presenta una incidència relativa del 91,67%, i 'Tuono' del 70,83%, i estan classificades ambdues com a varietats susceptibles.

El coneixement de les varietats que es consideren fonts de resistència o susceptibilitat al brot sec és útil per tal de preveure aquest caràcter en programes de millora, de tal manera que es seleccionin genotips resistents a la malaltia (Luque et al., 2006).

4.1.2. Desenvolupament de xancres produïts per inoculacions artificials

S'avalua el desenvolupament dels xancres produïts per les inoculacions artificials de *P. amygdali* en les varietats de la parcel·la P24 a les Borges Blanques (Lleida) (descriu al punt 3.2.1.2.). Els factors d'anàlisi són la varietat (varietats descrites al punt 3.1.1.2.) i el bloc de la parcel·la P24 (parcel·la descrita al punt 3.1.1.1.)

Mitjançant un anàlisi de la variància es comprova que ambdós factors tenen un efecte estadísticament significatiu en les dimensions totals dels xancres (Taula 10).

Taula 10. Anàlisi de la variància dels valors de les dimensions dels xancres segons el bloc i la varietat avaluada ('A' i 'B').

Factor	F-ratio	p-valor
A: Varietat	6,12	< 0,001*
B: Bloc	3,76	0,02*

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

4.1.2.1. Variació segons bloc

Mitjançant el test de rangs múltiples de Duncan (nivell de confiança del 95%) s'estableix quins blocs són significativament diferents als altres (Taula 11), ja que existeixen dos grups significativament diferenciats ('a' i 'b').

Taula 11. Dimensions del xancre (cm) en relació al bloc avaluat

Bloc	n ¹	Dimensions xancre ² ± EE ³
I	19	6,96 ± 0,19 a
II	19	6,25 ± 0,19 b
III	19	6,50 ± 0,15 b
IV	19	6,12 ± 0,15 b

¹ Nombre total de varietats avaluades en cada bloc

² Longitud total del xancre (cm)

³ Valors seguits amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan. p<0,05)

El bloc I presenta uns xancres de majors dimensions que els xancres dels restants blocs II, III i IV. Aquesta diferència pot ser deguda a que la parcel·la presenta heterogeneïtat en el reg de la parcel·la, essent més humit el bloc I respecte els altres.

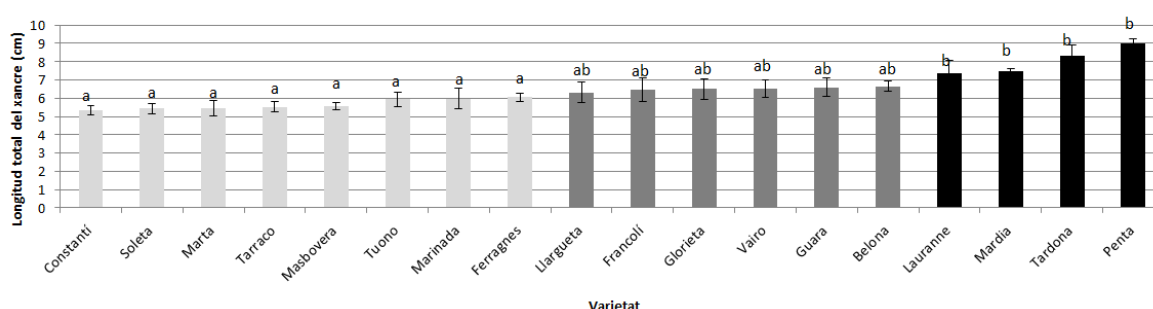
Així doncs, l'establiment dels blocs en funció dels ramals de reg en el disseny experimental ha estat la correcta, ja que s'ha demostrat l'existència de diferències significatives.

S'ha confirmat la hipòtesi proposada per Ogawa (1999), que el desenvolupament de la malaltia del brot sec en ametller és major com més elevada sigui la humitat ambiental.

4.1.2.2. Variació segons varietat

Les varietats avaluades han estat 'Belona', 'Constantí', 'Ferragnès', 'Francolí', 'Glorieta', 'Guara', 'Lauranne', 'Llangueta', 'Mardia', 'Marinada', 'Marta', 'Masbovera', 'Penta', 'Soleta', 'Tardona', 'Tarraco', 'Tuono' i 'Vairo'.

En el gràfic 4 es mostren les varietats avaluades ordenades segons la longitud total del xancre (\pm EE). L'anàlisi de la variància mostra que hi ha diferències significatives en el desenvolupament del xancre entre varietats ($F = 6,12$; $p\text{-valor} < 0,001$) (Gràfic 4).



Gràfic 4. Classificació de les varietats segons la longitud total del xancre (cm). Valors amb la mateixa lletra no són significativament diferents entre sí (Duncan, $p < 0,05$).

El test de rangs múltiples de Duncan amb un nivell de confiança del 95% mostra que hi ha dos grups significativament diferenciats ('a' i 'b'), i un grup intermedi ('ab') que no difereix significativament dels grups contigus (grups 'a' i 'b'), però no pertany a cap dels dos grups.

Per tant, les 18 varietats avaluades en la parcel·la P24 es classifiquen en tres grups segons el grau de desenvolupament del xancre, essent diferenciades varietats 'resistents', 'intermèdies' i 'susceptibles' (Taula 12).

Taula 12. Grau de susceptibilitat de les varietats presents a la parcel·la P24 segons les dimensions del xancre

Varietats	n ¹	Dimensions xancre ² ±EE
Resistents	8	5,66 ± 0,10
Intermèdies	6	6,51 ± 0,05
Susceptibles	4	8,04 ± 0,38

¹ Nombre de varietats

² Longitud total del xancre (cm)

Un component essencial de la susceptibilitat varietal és el tipus de reacció de l'hoste que en aquest experiment s'ha avaluat mitjançant la longitud del xancre. En les varietats més resistents es desenvolupen els xancres de dimensions més reduïdes. En canvi, en les varietats més susceptibles les dimensions dels xancres que s'hi desenvolupen són majors.

En la següent Taula 13, es classifiquen les varietats en tres grups segons la susceptibilitat al brot sec. Per a cada varietat s'indica el desenvolupament relatiu del xancre (en %), resultat d'una extrapolació dels valors de longitud del xancre en una escala del 0 al 100%. D'aquesta manera 'Constantí', la varietat que ha presentat menor desenvolupament del xancre, tindrà un valor de desenvolupament relatiu del 0%, mentre que 'Penta', que ha estat la varietat que ha presentat el major desenvolupament del xancre, tindrà un valor del 100% de desenvolupament relatiu. Aquesta transformació de les dades permet interpretar el grau de susceptibilitat de cada varietat d'una manera més intuïtiva.

Taula 13. Classificació de les varietats segons les dimensions del xancre desenvolupat a causa de *P. amygdali* a la parcel·la P24 de les Borges Blanques. Per cada varietat s'expressa el desenvolupament del xancre relatiu (en %). En cada grup, les varietats estan ordenades segons el valor de desenvolupament relatiu del xancre.

Varietats resistents	Desenvolupament relatiu (%)	Varietats intermèdies	Desenvolupament relatiu (%)	Varietats susceptibles	Desenvolupament relatiu (%)
'Constantí'	0,00	'Llargueta'	26,57	'Lauranne'	56,01
'Soleta'	2,66	'Francolí'	30,6	'Mardia'	58,20
'Marta'	3,52	'Belona'	31,69	'Tardona'	81,15
'Tarraco'	5,11	'Glorieta'	32,51	'Penta'	100,00
'Masbovera'	6,01	'Vairo'	34,26		
'Tuono'	16,33	'Guara'	35,96		
'Marinada'	17,18				
'Ferragnès'	19,40				

Si es compara amb la classificació de diverses varietats d'ametller segons la susceptibilitat al brot sec proposada per Vargas i Miarnau (2009), les varietats 'Constantí', 'Marta' i 'Ferragnès' presenten caràcter contradictori en funció de la susceptibilitat a *fusicoccum*. Per tant, és necessari dur a terme noves inoculacions

artificials en el futur per tal d'obtenir resultats més consistents i poder afirmar que el mètode utilitzat és correcte.

4.2. Taca ocre

4.2.1. Susceptibilitat a la taca ocre

L'avaluació de les varietats de la parcel·la P24 es va dur a terme mitjançant dos metodologies de mostreig diferents, descrites en el punt 3.2.2.. A continuació es descriuen els resultats obtinguts mitjançant una avaluació visual de la quantitat mitjana de símptomes en una varietat (punt 4.2.1.1.), i després els obtinguts per una avaluació de la severitat foliar o percentatge de superfície foliar amb símptomes de les varietats existents en la parcel·la P24 (punt 4.2.1.2.).

4.2.1.1. Avaluació visual de la quantitat mitjana de símptomes en una varietat

S'avaluà la quantitat de taca ocre en les varietats de la parcel·la P24 el 15 de setembre de 2011 mitjançant la metodologia descrita en el punt 3.2.2.1., en què s'anoten els valors d'afectació per taca ocre per cada varietat avaluada.

Els factors d'anàlisi són la varietat (varietats descrites al punt 3.1.1.2.) i el bloc de la parcel·la P24 (parcel·la descrita al punt 3.1.1.1.)

Mitjançant un anàlisi de la variància es comprova que únicament el factor varietat té un efecte significatiu en els valors d'afectació global per taca ocre (Taula 14).

Taula 14. Anàlisi de la variància dels valors d'afectació per taca ocre segons el bloc i la varietat avaluada en la parcel·la P24 ('A' i 'B').

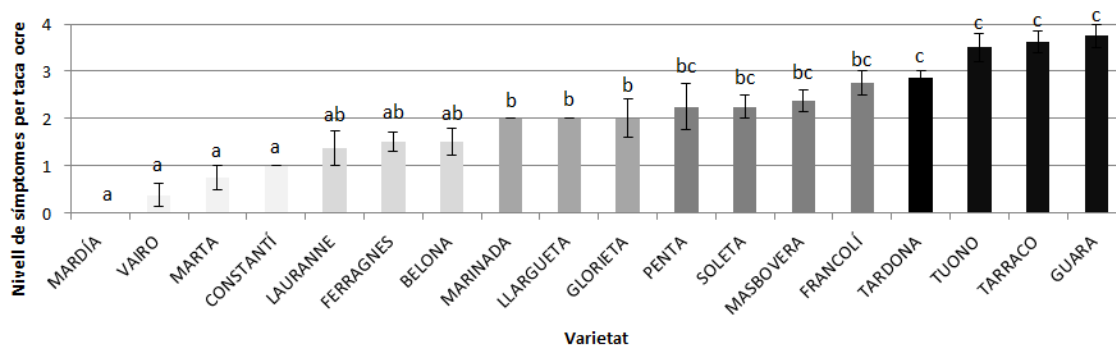
Factor	F-ratio	p-valor
A: Varietat	18,97	< 0,001*
B: Bloc	2,15	0,06

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

4.2.1.1.1. Variació segons varietat

Les varietats avaluades en la parcel·la P24 de Les Borges Blanques (Lleida) han estat 'Belona', 'Constantí', 'Ferragnès', 'Francolí', 'Glorieta', 'Guara', 'Lauranne', 'Llangueta', 'Mardia', 'Marinada', 'Marta', 'Masbovera', 'Penta', 'Soleta', 'Tardona', 'Tarraco', 'Tuono' i 'Vairo'.

En el Gràfic 5 es mostren les varietats avaluades ordenades segons la quantitat mitjana de símptomes per taca ocre presents en cada varietat (\pm EE).



Gràfic 5. Classificació de les varietats de la parcel·la P24 segons l'afectació per taca ocre (valor=0 absència de símptomes; valor=4 molta presència de símptomes). Valors amb la mateixa lletra no són significativament diferents entre sí (Duncan, $p < 0,05$).

Realitzant un test de rangs múltiples de Duncan amb un nivell de confiança del 95% es determinen tres grups significativament diferenciats ('a', 'b' i 'c') (Gràfic 5), i dos grups intermedis ('ab' i 'bc') que no difereixen de manera significativa dels grups contigus (grup 'a' i 'b' en el cas d'ab', i 'b' i 'c' en el cas de 'bc'), però no pertanyen únicament a un dels dos grups.

Si es suposa que les varietats amb més quantitat de malaltia són més susceptibles, aquestes es classifiquen relativament a la varietat més susceptible ('Guara') en cinc grups de varietats: 'Molt resistents', 'Resistents', 'Intermèdies', 'Susceptibles' i 'Molt susceptibles' (Vargas i Miarnau, 2009) (Taula 15).

En la següent Taula 15 es classifiquen les varietats en cinc grups segons la susceptibilitat a la taca ocre. Per a cada varietat s'indica la incidència relativa (en %), és a dir, la quantitat de símptomes relativa. Aquesta incidència relativa és resultat d'una extrapolació dels valors resultants de l'avaluació a una escala del 0 al 100%. D'aquesta manera 'Mardia', la varietat que ha presentat menor quantitat mitjana de símptomes, tindrà un valor de desenvolupament relatiu del 0%, mentre que 'Guara', que ha estat la varietat que ha presentat el major quantitat mitjana de símptomes, tindrà un valor del 100% de desenvolupament relatiu. Aquesta transformació de les dades permet interpretar el grau de susceptibilitat de cada varietat d'una manera més intuïtiva.

Taula 15. Classificació de les varietats de la parcel·la P24, avaluades per la simptomatologia general en arbres segons la susceptibilitat a taca ocre. Per cada varietat s'expressa la incidència relativa (en %) respecte la varietat 'Guara', la qual ha estat la varietat més afectada per taca ocre de la parcel·la P24. En cada grup les varietats estan ordenades alfabèticament.

Varietats molt resistents (0,53 ± 0,1) ¹	*	Varietats resistents (1,46 ± 0,02) ¹	*	Varietats intermèdies (2,00 ± 0,09) ¹	*	Varietats susceptibles (2,41 ± 0,05) ¹	*	Varietats molts susceptibles (3,44 ± 0,09) ¹	*
'Mardia'	0,00	'Lauranne'	36,7	'Glorieta'	53,3	'Penta'	60,0	'Tardona'	76,7
'Vairo'	10,0	'Ferragnès'	40,0	'Llargueta'	53,3	'Soleta'	60,0	'Tuono'	93,3
'Marta'	20,0	'Belona'	40,0	'Marinada'	53,3	'Masbovera'	63,3	'Tarraco'	96,7
'Constantí'	26,7					'Franolí'	73,3	'Guara'	100

* Incidència relativa (%) respecte la varietat més susceptible ('Guara')

¹ Incidència mitjana de cada grup de varietats segons l'escala d'afectació del 0 al 4 (punt 3.2.2.1.)

4.2.1.2. Avaluació de la severitat foliar per taca ocre

L'avaluació de la severitat foliar per taca ocre (o percentatge foliar mitjà amb símptomes) es du a terme en dues ocasions.. En totes les varietats els símptomes aniran augmentant quantitativament degut a repetits cicles d'infecció, essent majors els valors de quantitat de símptomes en l'avaluació final que a la inicial. De cara a la classificació de varietats segons la susceptibilitat a la taca ocre, és interessant únicament el punt final d'expressió de la malaltia. Per tant, per al tractament estadístic de les dades, únicament s'utilitzen els valors de severitat foliar obtinguts en una segona avaluació (14 de setembre). No obstant, es realitza un anàlisi estadístic per determinar quina ha estat l'evolució de la malaltia en el temps.

Els factors de variació de la severitat foliar de les varietats existents en la parcel·la P24 (punt 4.2.1.2.) són el bloc i la varietat. Els valors de severitat foliar difereixen significativament segons el bloc avaluat i la varietat (punt 4.2.1.2.1.) (Taula 16).

Taula 16. Anàlisi de la variància dels valors de severitat foliar per taca ocre segons el bloc i la varietat avaluada en la parcel·la P24 ('A' i 'B').

Factor	F-ratio	p-valor
A: Varietat	36,29	< 0,001*
B: Bloc	3,53	0,022

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

4.2.1.2.1. Severitat foliar segons bloc

Mitjançant el test de rangs múltiples de Duncan (nivell de confiança del 95%) s'estableix quins blocs són significativament diferents als altres (Taula 20), ja que existeixen quatre grups diferenciats : 'a', 'ab', 'bc' i 'c'.

Aquesta diferència pot ser deguda a que la parcel·la presenta heterogeneïtat en el reg, essent més humit el bloc I respecte els altres.

Així doncs, l'establiment dels blocs en funció dels ramals de reg en el disseny experimental ha estat la correcta, ja que s'ha demostrat l'existència de diferències significatives.

Taula 20. Valors de severitat foliar per taca ocre en funció dels blocs avaluats a la parcel·la P24

Bloc	n ¹	Severitat foliar mitjana ² ± EE ³
I	17	0,13 ± 0,005 c
II	17	0,11 ± 0,005 ab
III	17	0,12 ± 0,005 bc
IV	17	0,11 ± 0,005 a

¹ Nombre total de varietats avaluades en cada bloc

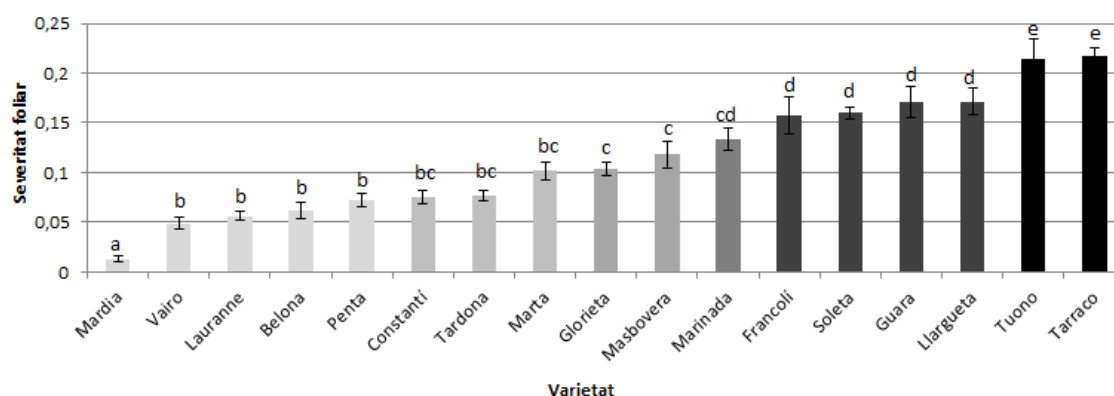
² Severitat foliar mitjana (valors de 0 a 1)

³ Valors seguits amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan. p<0,05)

4.2.1.2.2. Severitat foliar segons varietat

Les varietats avaluades foren les mateixes que en el cas d'avaluació de la quantitat mitjana de símptomes per taca ocre en les varietats de la parcel·la P24 descrites en el punt 4.2.1.1. menys el cas de la varietat 'Ferragnès', que no ha estat avaluada en aquest cas. Aquesta varietat no ha estat inclosa en els resultats degut a errors de croquis de la parcel·la en el moment de l'avaluació.

Els valors de severitat determinen el grau de susceptibilitat de les varietats a la taca ocre. Mitjançant un anàlisi de la variància dels valors de severitat foliar respecte la varietat, es determina l'existència de diferències significatives en la susceptibilitat a la taca ocre de les diferents varietats avaluades en la parcel·la P24 de Les Borges Blanques (Lleida) (Gràfic 6).



Gràfic 6. Classificació de totes les varietats de la parcel·la P24 segons la severitat foliar ($\pm EE$). Valors amb la mateixa lletra no són significativament diferents entre sí (Duncan, $p < 0,05$).

Mitjançant el test de rangs múltiples de Duncan amb un nivell de confiança del 95%, es poden classificar les varietats en cinc grups estadísticament diferenciats atenent a una diferenciació de susceptibilitat a la taca ocre ('a', 'b', 'c', 'd' i 'e') (Taula 17), ja que varietats amb una severitat foliar més elevada correspondran a varietats més susceptibles.

Existeixen dos grups intermedis ('bc' i 'cd') que no difereixen de manera significativa dels grups contigus (grup 'b' i 'c' en el cas de 'bc', i 'c' i 'd' en el cas de 'cd'), però no pertanyen únicament a un dels dos grups.

Taula 17. Distribució de les varietats segons la susceptibilitat a taca ocre, determinada pels valors de severitat foliar.

Varietats	n ¹	Severitat $\pm EE$
Molt resistents	1	0,01 \pm -
Resistents	4	0,06 \pm 0,01
Moderadament resistents	3	0,08 \pm 0,01
Intermèdies	2	0,11 \pm 0,01
Moderadament susceptibles	1	0,13 \pm -
Susceptibles	4	0,16 \pm 0,01
Molt susceptibles	2	0,22 \pm 0,01

¹ Nombre de varietats en cada grup. S'utilitzen els valors de severitat foliar de l'avaluació realitzada a l'octubre

Per tal de comparar la severitat entre unes varietats i altres dels diferents blocs, primerament s'ha de calcular la severitat relativa de cadascuna respecte la severitat foliar de la varietat més afectada (metodologia detallada en el punt 3.2.2.2.).

En l'avaluació realitzada al setembre, la varietat que presentà la major quantitat de símptomes va ser 'Tuono' en el bloc I (Taula 18).

Taula 18. Detall de la simptomatologia presentada per les varietats 'Tarraco' (del bloc III) al setembre, i 'Tuono' (del bloc I) a l'octubre segons l'escala de símptomes foliars descrita en el punt 3.2.2.2..

Varietat	Bloc	Fulles sanes	Fulles nivell 1	Fulles nivell 2	Fulles nivell 3	Fulles nivell 4	Severitat ¹
'Tuono'	I	30	6	17	32	15	0,253

En total s'avaluen 100 fulles escollides a l'atzar per a cada varietat

¹ El valor de severitat és obtingut mitjançant la fórmula descrita al punt 3.2.2.2.

Així doncs, les varietats avaluades es poden classificar en diferents grups segons la severitat foliar relativa que presenten (Taula 19).

Taula 19. Classificació de les varietats avaluades de la parcel·la P24, segons la susceptibilitat a taca ocre avaluada per valors de severitat foliar relatius. Les varietats en cada grup estan ordenades segons la mitjana de severitat foliar relativa que presenten.

Varietats molt resistents	Varietats resistents	Varietats moderadament resistents	Varietats intermèdies
'Mardia' 0,05 ± 0,01	'Vairo' 0,19 ± 0,02 'Lauranne' 0,22 ± 0,04 'Belona' 0,25 ± 0,03 'Penta' 0,29 ± 0,02	'Tardona' 0,30 ± 0,02 'Constanti' 0,31 ± 0,03 'Marta' 0,40 ± 0,04	'Glorieta' 0,41 ± 0,03 'Masbovera' 0,47 ± 0,05

Varietats moderadament susceptibles	Varietats susceptibles	Varietats molt susceptibles
'Marinada' 0,53 ± 0,04 'Soleta' 0,63 ± 0,02	'Francolí' 0,62 ± 0,07 'Llargueta' 0,68 ± 0,05 'Guara' 0,68 ± 0,06	'Tuono' 0,85 ± 0,08 'Tarraco' 0,86 ± 0,03

Per cada varietat s'indiquen els valors de severitat foliar relativa (de 0: absència de símptomes a 1: molts símptomes) ± EE

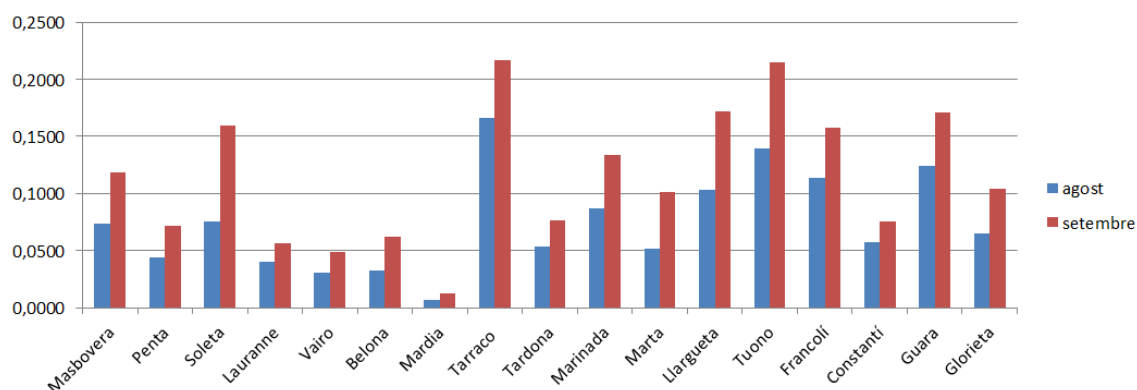
El fet que cap varietat tingui un valor de severitat foliar d'1 (el màxim en l'escala descrita de 0 a 1) es deu a que el valor màxim de severitat foliar en l'avaluació del mes de setembre pertany a la varietat 'Tuono' del bloc I, i quan es realitza la mitjana dels valors en els quatre blocs el valor de severitat foliar relativa mitjana disminueix.

4.2.1.2.3. Severitat foliar segons data d'avaluació

Per determinar l'evolució de la malaltia en el temps es realitzen dues avaluacions en el temps (11 d'agost i 14 de setembre). Els valors de severitat foliar obtinguts s'analitzen estadísticament com a dades aparellades, ja que la quantitat de símptomes en les fulles de les varietats avaluades en la segona avaluació depèn de la quantitat de símptomes foliars presents en la primera avaluació.

L'estadístic *t* d'Student obtingut en l'anàlisi estadístic amb un interval de confiança del 95% (*t*=-12,103) determina que existeixen diferències significatives en els valors de severitat foliar avaluats en les dues dates (Gràfic 7), essent major la severitat foliar en

l'avaluació del mes de setembre ($0,115 \pm 0,01$) en comparació a la del mes d'agost ($0,074 \pm 0,01$).



Gràfic 7. Severitat foliar mitjana de les varietats avaluades a la parcel·la P24 l'11 d'agost i 14 de setembre).

Les varietats que han presentat un augment més acusat han estat 'Soleta' i 'Marta', amb un increment del 112% i 96% respecte el valor inicial, respectivament.

Durant l'estiu i la tardor es van formant conidis a l'estroma conidial o conidiostroma, format a la primavera. Aquests conidis són capaços d'originar nous cicles d'infecció (Cannon, 1996).

Per tant, durant els mesos d'agost i setembre, la formació de nous conidis i el seu desenvolupament permetrà l'observació d'un augment dels símptomes foliars causats per la taca ocre, resumint-se en un augment de la severitat foliar.

4.2.1.3. Comparació de les avaluacions de taca ocre a la parcel·la P24

A la parcel·la P24 s'han dut a terme dos tipus de valoracions de l'afectació per taca ocre: simptomatologia global a nivell d'un arbre (4.2.1.1.) i avaluació de la severitat foliar (4.2.1.2.).

Per tal de comparar els resultats d'afectació per taca ocre segons les dues metodologies, els valors d'afectació (valorats en una escala del 0 al 4) s'han transformat en valors acotats entre 0 i 1. La transformació ha estat la següent:

$$Severitat \text{ (valors entre 0 i 1)} = [Nivell \text{ símptomes}] / 4$$

D'aquesta manera, és possible comparar els valors de severitat foliar relatius que també s'avaluaren al mes de setembre (acotats en una escala del 0 a l'1) amb els obtinguts mitjançant una avaluació visual de la quantitat mitjana de símptomes.

Mitjançant un anàlisi de variància, es comprova que el tipus d'avaluació no té un efecte estadísticament significatiu en els valors d'afectació per taca ocre ($F=0,13$ i $p\text{-valor}>0,05$). Per tant, els dos tipus d'avaluacions són igualment vàlides.

No obstant, s'obtenen un nombre diferent de grups significativament diferenciats pel que fa a la susceptibilitat a taca ocre segons si les dades provenen d'un tipus d'avaluació o una altra.

Pel que respecta als valors obtinguts mitjançant l'avaluació dels símptomes en els arbres afectats per taca ocre, s'obtenen cinc grups diferenciats ('a', 'ab', 'b', 'bc' i 'c', estadísticament diferents segons Test de Rangs Múltiples de Duncan) (Gràfic 5).

En canvi, us cop analitzades les dades provinents d'avaluacions de severitat foliar per taca ocre, es determinen fins a set grups ('a', 'b', 'bc', 'c', 'cd', 'd' i 'e', estadísticament diferents segons Test de Rangs Múltiples de Duncan) utilitzant les dades de severitat foliar de les varietats existents en la parcel·la P24 (Gràfic 6).

Per tant, l'avaluació de severitat foliar resulta més precisa pel que fa a la classificació de varietats segons la susceptibilitat, ja que permet establir una classificació més discriminant de les varietats segons el grau de susceptibilitat a taca ocre.

Tot i així, l'avaluació dels símptomes generals que presenten els ametllers degut a la taca ocre, és una metodologia més ràpida i pràctica que no pas l'avaluació de la severitat foliar.

No s'han observat diferències significatives entre els resultats obtinguts, i per tant són dues metodologies igual de vàlides, ni que cal utilitzar l'una o l'altra segons els objectius que es persegueixin (Taula 21).

Taula 21. Classificació de les dues metodologies d'avaluació de susceptibilitat a taca ocre segons característiques dels dos mètodes.

	Mètode ràpid	Avaluació in situ	Discriminant entre varietats
Avaluació de la simptomatologia global	✓	✓	Poca
Avaluació de la severitat foliar	✗	✗	Molta

Per exemple, si es tracta d'un estudi per determinar la susceptibilitat sense tenir en compte més criteris, llavors és convenient seguir una avaluació de la simptomatologia global, ja que aquesta és més ràpida.

No obstant, seria convenient realitzar una avaluació de la severitat foliar en els casos en els que es requereixi més precisió, o bé en els casos en què s'avaluïn varietats amb un nivell de susceptibilitat molt similar.

4.2.2. Avaluació del desenvolupament de la taca ocre en una plantació d'alta densitat

Es realitzen avaluacions de la severitat foliar en una plantació d'alt densitat (P3) a les Borges Blanques (Lleida), per tal d'avaluar l'efecte dels diferents marcs de plantació i sistemes de formació en les valors de severitat foliar.

4.2.2.1. Anàlisi estadístic

S'avalua l'efecte del marc de plantació i sistema de formació en els valors de severitat foliar avaluats el 3 d'octubre de 2011 (punt 3.1.1.1.1.).

El factor varietat ('Marinada' i 'Vairo') presenta un efecte estadísticament significatiu en els valors de severitat foliar. En canvi, ni el factor marc de plantació ('6 x 6', '5,5 x 3,5', '5 x 3', '5 x 2' i '4,5 x 3,5') ni la interacció entre factors tenen un efecte significatiu en els valors de severitat (Taula 22).

Taula 22. Anàlisi de la variància multifactorial amb els factors 'varietat' i 'marc de plantació' a la parcel·la P3 de les Borges Blanques.

Font de variació	F-Ratio	P-Valor ¹
EFFECTES PRINCIPALS		
A: 'Varietat'	21,92	0,001*
B: 'Marc de plantació'	1,42	0,22
INTERACCIONS		
AB	0,30	0,88

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

4.2.2.2. Segons varietat

La varietat 'Vairo' presenta una mitjana de severitat foliar de $0,20 \pm 0,02$, i 'Marinada' de $0,34 \pm 0,02$.

'Marinada' també apareix com a varietat més susceptible que 'Vairo' en les avaluacions d'afectació per taca ocre a nivell de simptomatologia global i de severitat foliar en la parcel·la P24 de la mateixa localitat (Taula 23).

Taula 23. Severitat foliar de les varietats 'Vairo' i 'Marinada' en la parcel·la P3 de Les Borges Blanques

	Severitat foliar ¹ ± EE ²	
'Vairo'	0,20±0,02	a
'Marinada'	0,34±0,02	b

¹ Valor de severitat foliar (entre 0: molt resistent; i 1: molt susceptible).
De cada varietat es varen avaluar 120 arbres, 60 al setembre i 60 a l'octubre

² Valors seguits amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan, p<0,05)

4.2.2.3. Segons el marc de plantació

No existeixen diferències significatives en els valors de severitat segons el marc de plantació (Taula 22). Tot i així, s'evidencia que els valors de severitat foliar són més elevats com menor és el marc de plantació (Taula 24).

Taula 24. Classificació dels marcs de plantació atenent als valors de severitat foliar mitjans presentats en cada cas.

Marc de plantació (m)	n ¹	Severitat foliar ² ± EE
6 x 6	24	0,22 ± 0,03
5,5 x 3,5	24	0,23 ± 0,03
5 x 3	24	0,28 ± 0,03
4,5 x 3	24	0,29 ± 0,03
5 x 2	24	0,31 ± 0,03

¹ Nombre d'arbres avaluats

² Valors de severitat foliar entre 0 i 1

Es comprova, doncs, que com més reduït és el marc de plantació, major és la severitat foliar que es presenta. Un marc de plantació reduït determina un major nombre d'arbres per hectàrea, causant unes condicions d'humitat elevades, que són les òptimes per al desenvolupament de *P. ochraceum* (Muncharaz, 2004).

Per tant, els resultats confirmen que marcs de plantació més reduïts afavoreixen el desenvolupament de la taca ocre.

4.2.2.4. Segons volum vegetatiu per hectàrea

Els factors que afavoreixen el desenvolupament de *P. ochraceum* són l'existència de temperatures altes, a part d'unes condicions d'humitat elevades (Muncharaz, 2004).

El sistema de formació determina el volum vegetatiu, el qual afecta als valors d'humitat ambiental. Per tant, es pretén determinar si els sistemes de formació que afavoreixin una major densitat del fullatge (que mantinguin les condicions d'humitat) tenen un efecte significatiu en els valors de severitat foliar.

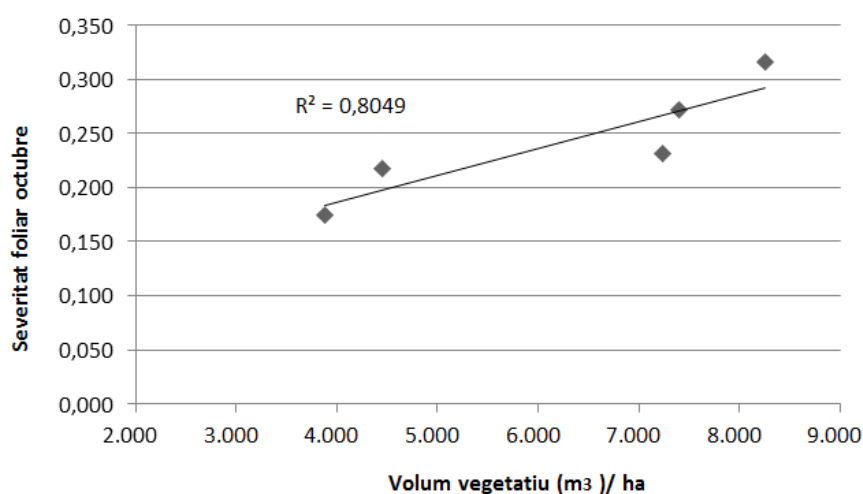
En la Taula 25 es presenten els valors de severitat foliar segons el volum vegetatiu per hectàrea, determinat pel sistema de formació.

La severitat foliar augmenta a mesura que el volum vegetatiu per hectàrea és més gran (Taula 25 i Gràfic 8).

Taula 25. Valors de severitat foliar mitjana avaluada al mes d'octubre per a cada sistema de formació, marc de plantació i volum/arbre i volum/ha.

Sistema de formació	Marc de plantació	Volum/arbre	Volum/ha	Severitat foliar
Eix semi	5 x 3	12,4	8.257	0,317
Vas lliure	5,5 x 3,5	14,2	7.401	0,272
Palmeta	4,5 x 3	9,8	7.240	0,232
Vas	6 x 6	16,0	4.447	0,217
Eix lliure	5 x 2	3,9	3.878	0,175

Gràfic 8. Regressió lineal entre els valors de severitat foliar obtinguts en l'avaluació del mes d'octubre a la parcel·la P3 i el volum vegetatiu per hectàrea.



En el Gràfic 8 s'observa que existeix una relació lineal entre els valors de severitat foliar i volum vegetatiu ($R^2=0,805$). Tot i així, no es pot afirmar que estadísticament hi hagi un efecte significatiu del volum vegetatiu en els valors de severitat foliar.

En línies generals, però, com major és el volum vegetatiu per hectàrea, més favorable és que es mantinguin unes condicions d'humitat elevades, que són les òptimes per al desenvolupament de *P. ochraceum* (Muncharaz, 2004).

4.2.2.2. Variació de la severitat foliar segons data d'avaluació

Es va avaluar la severitat foliar als mesos de setembre i octubre. Mitjançant una anàlisi de la variància dels valors de severitat en funció de la data d'avaluació, es determinen diferències significatives degut al desenvolupament de la malaltia en el temps ($F=7,87$ i $p\text{-valor} = 0,005$) (Taula 26).

Taula 26. Valors de severitat foliar mitjana avaluada al mes de setembre i octubre a la parcel·la P3 de Les Borges Blanques.

Data d'avaluació	Severitat foliar ¹ \pm EE ²	
Avaluació setembre	0,19 \pm 0,01	a
Avaluació octubre	0,24 \pm 0,01	b

¹ Valor de severitat foliar (entre 0: absència de símptomes; i 1: gran quantitat de símptomes). En cada avaluació es van avaluar 240 arbres.

² Valors seguits amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan, $p<0,05$)

Al mes d'octubre els valors de severitat foliar són estadísticament diferents i majors que els obtinguts al mes de setembre.

Degut a que a la tardor es van formant conidis a l'estroma conidial o conidiostroma, aquests són capaços d'originar nous cicles d'infecció (Cannon, 1996).

Per tant, la formació de nous conidis i el seu desenvolupament permetrà l'observació d'un augment dels símptomes foliars causats per la taca ocre, resumint-se en un augment de la severitat foliar.

4.2.3. Severitat foliar per taca ocre en les parcel·les P7 i P13

En les parcel·les P7 i P13 es va avaluar la severitat foliar de totes les varietats existents. Amb aquests valors es procedeix a ordenar les varietats de cada parcel·la segons la susceptibilitat a taca ocre.

Moltes de les varietats presents en les dues parcel·les també ho són en d'altres parcel·les on s'ha avaluat també la severitat foliar d'aquestes (parcel·la P24: punt 4.2.1.2.; parcel·la P3: punt 4.2.2.).

Per tant, després d'ordenar les varietats avaluades segons els valors de severitat foliar en els punts següents (4.2.3.1. i 4.2.3.2.), es procedeix a una comparació de la susceptibilitat varietal de les varietats coincidents en totes les parcel·les en què s'hagi avaluat la severitat foliar (punt 4.2.4.).

4.2.3.1. Avaluació de la severitat foliar per taca ocre a la parcel·la P7

A la parcel·la P7 (descrita al punt 3.1.1.1.) es va avaluar la severitat foliar de totes les varietats l'1 de setembre mitjançant la metodologia descrita en el punt 3.2.2.2. (Gràfic 9).

La varietat més susceptible de la parcel·la fou 'Francolí', amb un 15% de les fulles classificades en el nivell 4 segons els símptomes que s'hi presenten, un 13% en el nivell 2, 7% en el nivell 3 i un 1% en el nivell 4 (escala descrita al punt 3.2.2.2.). Aquesta varietat s'utilitzarà per a calcular els valors de severitat foliar relativa de la resta de varietats avaluades, que estaran acotats entre 0 i 1.

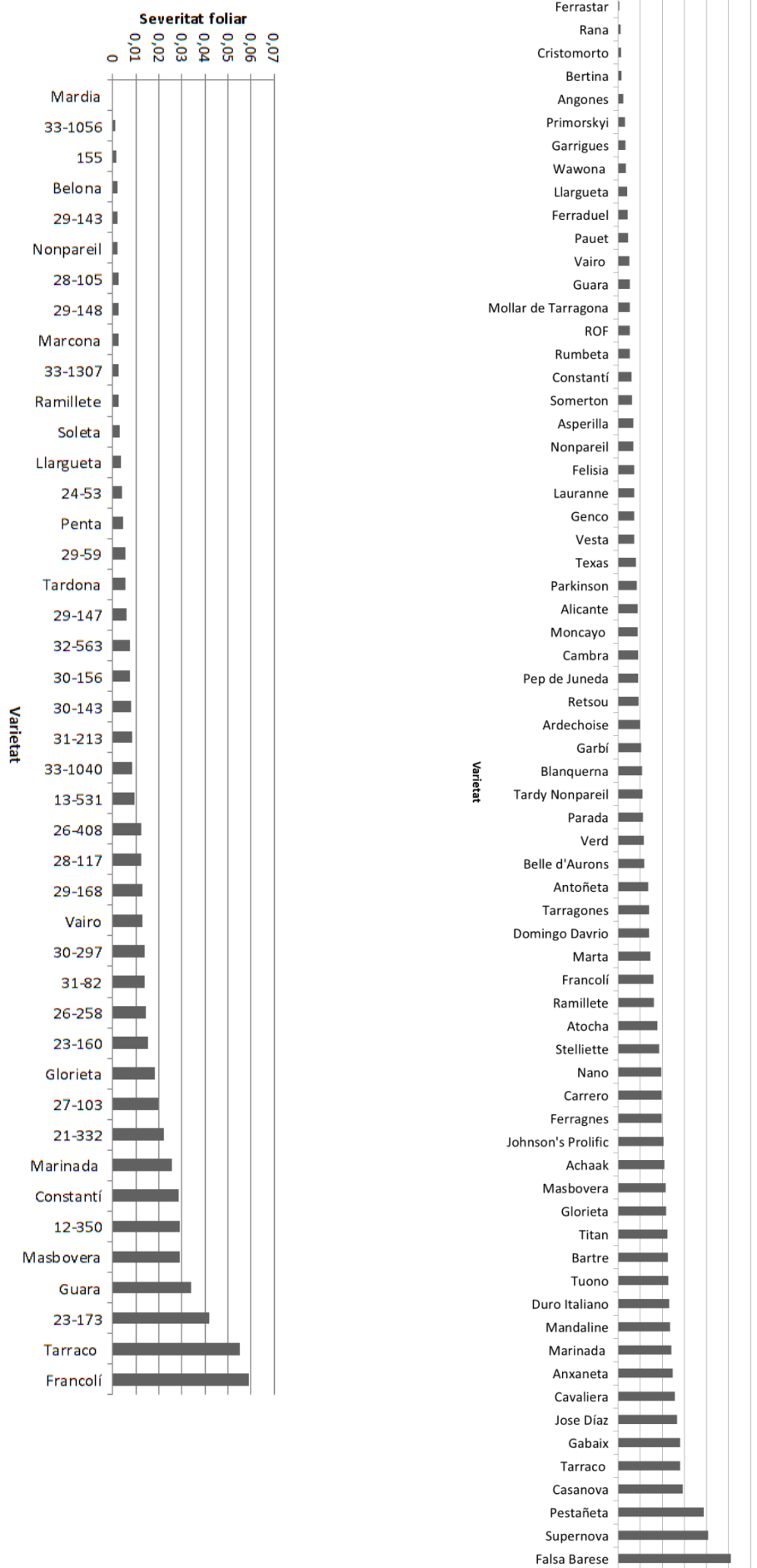
Les diferents varietats avaluades amb les severitats foliar relatives corresponents (respecte 'Francolí') es presenten a la següent Taula 27.

Taula 27. Varietats avaluades a la parcel·la P7 amb els corresponents valors de severitat foliar relativa expressada en percentatge. De dalt a baix i d'esquerra a dreta els valors de severitat foliar relativa augmenten, és a dir, augmenta el seu grau de susceptibilitat.

Varietat	Severitat foliar relativa (%)	Varietat	Severitat foliar relativa (%)
'Mardia'	0,0	'Glorieta'	31,4
'Belona'	3,0	'Marinada'	43,2
'Nonpareil'	3,4	'Constantí'	48,3
'Marcona'	4,2	'Masbovera'	49,2
'Ramillete'	4,2	'Guara'	57,6
'Soleta'	5,1	'Tarraco'	93,2
'Llargueta'	5,9	'Francolí'	100
'Penta'	7,6		
'Tardona'	9,30		
'Vairo'	22,0		

¹ Valor de severitat foliar relatiu respecte la varietat més susceptible de la parcel·la (Francolí).

Gràfic 9. Severitat foliar de les varietats avaluades a la parcel·la P7 (esquerra) i P13 (dreta) de Mas Bover.



4.2.3.2. Avaluació de la severitat foliar per taca ocre a la parcel·la P13

S'avalua la severitat foliar de les varietats de la parcel·la P13 (descrita al punt 3.1.1.1.) de Mas Bover el 28 d'agost de 2011 (Gràfic 9).

La varietat més susceptible de la parcel·la és 'Falsa Barese', amb 21 fulles classificades en el nivell 1 segons els símptomes que s'hi presenten, 19 en el nivell 2, 18 en el nivell 3 i cap fulla en el nivell 4 (escala descrita al punt 3.2.2.2.). Respecte aquesta varietat es realitzarà el càlcul dels valors de severitat relativa per a cada varietat, acotats entre 0 i 1.

Les varietats s'ordenen de més resistents a més susceptibles segons la taula Taula 28, cadascuna amb el seu valor de severitat relativa, expressat en percentatge.

La varietat 'Guara' a la parcel·la P13 es mostra com a varietat resistent en comparació a les altres varietats. Tot i això, en les avaluacions de les parcel·les P24 i P7, la varietat 'Guara' apareix com a molt susceptible. Aquesta diferència podria ser deguda a que en la parcel·la P13 només es va avaluar un arbre de la varietat, fent que el grau de susceptibilitat no sigui representatiu de la varietat.

Taula 28. Varietats avaluades a la parcel·la P13 amb els corresponents valors de severitat foliar relativa (en percentatge) respecte la varietat 'Falsa Barese'. De dalt a baix i d'esquerra a dreta els valors de severitat foliar augmenten.

Varietat	Severitat foliar relativa (%)	Varietat	Severitat foliar relativa (%)
'Ferrastar'	1,0	'Tardy Nonpareil'	21,6
'Rana'	2,0	'Parada'	22,1
'Cristomorto'	2,5	'Verd'	22,5
'Bertina'	2,9	'Belle d'Aurons'	23,0
'Angones'	4,4	'Antoñeta'	26,5
'Primorskyi'	5,9	'Tarragones'	27,5
'Garrigues'	6,4	'Domingo Davrio'	27,5
'Wawona'	6,6	'Marta'	28,4
'Llargueta'	7,8	'Francolí'	31,4
'Ferraduel'	8,3	'Ramillete'	31,9
'Pauet'	8,8	'Atocha'	34,8
'Vairo'	9,8	'Stelliette'	36,6
'Guara'	10,3	'Nano'	38,2
'Mollar Tarragona'	10,3	'Carrero'	38,7
'ROF'	10,3	'Ferragnes'	38,7
'Rumbeta'	10,3	'Johnson's Prolific'	40,2
'Moncayo'	18,0	'Achaak'	41,2
'Constantí'	12,0	'Masbovera'	42,2
'Somerton'	12,3	'Glorieta'	42,6
'Asperilla'	13,2	'Titan'	43,6
'Nonpareil'	13,2	'Bartre'	44,1
'Felisia'	14,2	'Tuono'	44,6
'Lauranne'	14,2	'Duro Italiano'	45,1
'Genco'	14,2	'Mandaline'	46,1
'Vesta'	14,2	'Marinada'	47,1
'Texas'	15,7	'Anxaneta'	48,3
'Parkinson'	16,7	'Cavaliera'	50,5
'Alicante'	17,2	'Jose Díaz'	52,5
'Cambra'	17,6	'Gabaix'	54,9
'Pep de Juneda'	17,6	'Tarraco'	54,9
'Retsou'	18,1	'Casanova'	57,4
'Ardechoise'	19,1	'Pestañeta'	76,0
'Garbí'	20,6	'Supernova'	79,9
'Blanquerna'	21,1	'Falsa Barese'	100

4.2.4. Comparació de la susceptibilitat varietal a taca ocre segons la parcel·la

A continuació es compara la susceptibilitat a la taca ocre de les diferents varietats que es repeteixen en les parcel·les en les que s'ha avaluat la severitat foliar en els punts anteriors (Taula 29).

Taula 29. Varietats avaluades que apareixen en les parcel·les P24, P7 i P13.

Varietat	Parcel·les
'Constantí', 'Francolí', 'Glorieta', 'Guara', 'Llargueta', 'Marinada', 'Masbovera', 'Tarraco', 'Vairo'	P24, P7 i P13

A continuació es duu a terme una comparació dels valors de severitat foliar de les varietats anteriors segons la parcel·la avaluada. La varietat que presentava una major quantitat de símptomes causats per taca ocre va ser 'Tarraco' a la parcel·la P24 de Les Borges Blanques.

Mitjançant una anàlisi de la variància es comprova que existeixen diferències significatives en la severitat foliar mitjana que presenten les varietats de les diferents parcel·les avaluades (Taula 30).

Taula 30. Valors d'afectació per taca ocre en les diferents parcel·les on s'avaluen les varietats 'Constantí', 'Francolí', 'Glorieta', 'Guara', 'Llargueta', 'Marinada', 'Masbovera', 'Tarraco', 'Vairo'

Parcel·la	Afectació taca ocre ¹ ± EE ²
P13	0,03 ± 0,04 a
P7	0,03 ± 0,04 a
P24	0,11 ± 0,04 b

¹ Valors de severitat foliar acotats entre 0 (absència de símptomes) i 1 (molta presència de símptomes) ±EE

² Grups amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan. p<0,05)

A la parcel·la P24 no s'han realitzat aplicacions de productes fitosanitaris per controlar la taca ocre, i per tant s'observa que els valors de severitat foliar són majors que no pas els de les parcel·les P13 i P7.

Aquesta diferència també podria ser deguda a la localització diferencial de les parcel·les. Està descrit que *P. ochraceum* presenta el seu òptim desenvolupament en climes amb temperatures càlides (Tuset i Portilla, 1987 i Luque et al., 2006). La parcel·la P24, amb uns valors de severitat foliar més elevats, es troba a Les Borges Blanques (Lleida), amb un clima més d'interior que no pas el que es troba a les parcel·les P13 i P7 a Constantí (Tarragona), ubicades en zones amb influència marítima.

Incloent la parcel·la P3 en la comparació de la susceptibilitat varietal a la taca ocre, s'observa que la varietat 'Marinada' és més susceptible que 'Vairo' en totes les parcel·les avaluades.

4.3. Importància i distribució del brot sec i la taca ocre a les províncies de Tarragona i Lleida

Es va avaluar l'afectació per brot sec i taca ocre en diferents parcel·les comercials d'ametllers de les províncies de Lleida i Tarragona (descripció de la metodologia al punt 3.2.5.).

4.3.1. Prospecció

Es va realitzar una prospecció en un total de 50 parcel·les, escollides aleatòriament. En el Mapa 1 es mostra la distribució espacial de les parcel·les mostrejades.

Les parcel·les es distribueixen des de la més propera a la Mar Mediterrània que està a uns 8 km de la costa, fins a la més llunyana que està a uns 70 km. Aquesta diferència comporta que les parcel·les difereixin en el clima, a causa sobretot de la desigual influència marítima, comportant que les més properes a la costa tinguin ambients més humits que les parcel·les més allunyades de la costa (Mapa 1).

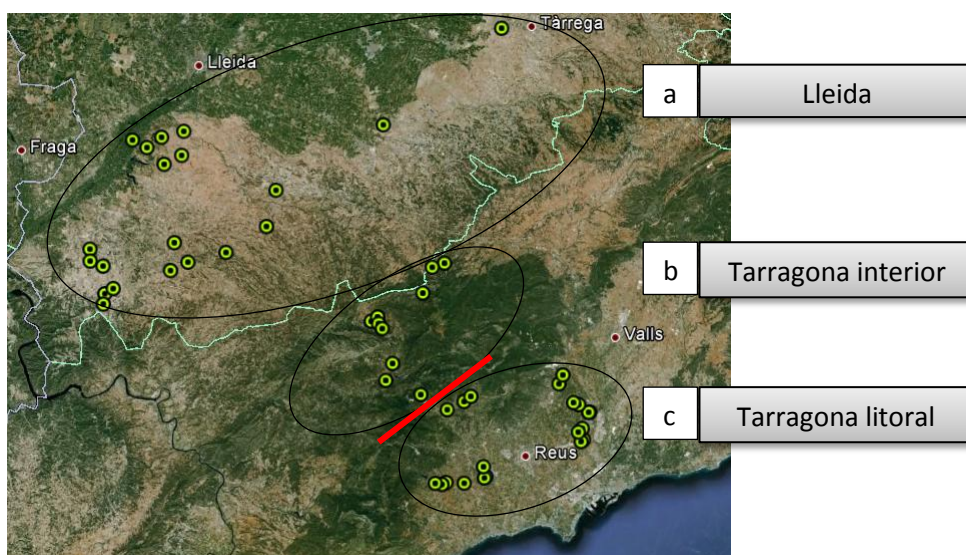
Mapa 1. Ubicació de les parcel·les mostrejades sobre el plànol, utilitzant Google Earth.



Un cop s'ubiquen les parcel·les sobre el mapa, es diferencien tres zones: la part litoral ('c') de la província de Tarragona, on té lloc una forta influència marítima, la part interior ('b') de la província de Tarragona, sense influència del mar, i la província de Lleida ('a'), amb temperatures més extremes i amb un clima típicament d'interior (Mapa 2).

Les zones de Tarragona litoral i Tarragona interior estan separades per la Serra de la Mussara, que separa les zones amb influència marítima de les que no en tenen. En la zona de Tarragona litoral es varen mostrejar 20 parcel·les, en la zona de Tarragona interior se'n van avaluar 10, i en la zona de Lleida, amb clima continental, es van mostrejar 20 parcel·les.

Mapa 2. Punts mostrejats representats sobre el mapa utilitzant Google Earth. Les tres zones marcades ('a', 'b' i 'c') representen diferents condicions; la zona 'a' representa el conjunt de parcel·les ubicades a la província de Lleida. La zona 'b' representa les parcel·les ubicades a la província de Tarragona però sense influència marítima. La zona 'c' representa les parcel·les amb influència marítima. La Serra de la Mussara està representada per una línia vermella.



4.3.2. Avaluació de la malaltia en cada parcel·la

Les variables anotades en cada parcel·la mostrejada són la quantitat de símptomes mitjana per varietat, el tipus de varietat (local o procedent de programes de millora), i si és de regadiu o de secà.

Per cada parcel·la s'avalua la quantitat general de malaltia utilitzant la metodologia descrita en el punt 3.2.1.1. en el cas de brot sec, i en el punt 3.2.2.1. en el cas de taca ocre.

4.3.3. Importància i distribució del brot sec en la zona mostrejada

La quantitat de brot sec mitjà en les 50 parcel·les mostrejades va ser d'1,45 en l'escala descrita al punt 3.2.2.1.. Tenint en compte que el valor intermedi d'aquesta escala és 2, la quantitat de malaltia també va ser moderadament baixa en el conjunt de parcel·les mostrejades.

Les variables avaluades ('tipus de varietat', 'reg' i 'zona mostrejada') no interaccionen significativament entre elles (Taula 34).

De la mateixa manera que passava en l'avaluació de la importància i distribució de la taca ocre (punt 4.3.3.), els factors 'reg' i 'tipus de varietat' no tenen un efecte estadísticament significatiu en els valors d'afectació per brot sec, però en canvi s'observa que la zona mostrejada ('a', 'b' o 'c'), sí que té un efecte significatiu (Taula 34).

Taula 34. Anàlisi de la variància dels valors d'afectació per brot sec segons el 'tipus de varietat' (local o procedent de programa de millora), 'reg' (existència o no de reg), i 'zona mostrejada' ('a', 'b' o 'c').

Factors principals	F-ratio	p-valor
A: Reg	1,26	0,27
B: Tipus de varietat	3,72	0,06
C: Zona mostrejada	49,81	0,00*
Interaccions		
AB	1,55	0,22
AC	0,83	0,44
BC	0,03	0,87

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

El p-valor obtingut en l'anàlisi de la variància pel factor 'tipus de varietat', és un valor just per sobre del límit de significació del factor (p-valor=0,06). Per tant, seria erroni afirmar que existeixen diferències significatives segons el tipus de varietat, però no es poden menystenir les diferències de la quantitat de brot sec segons aquest factor (Taula 35).

Taula 35. Valors de quantitat de brots sec segons el tipus de varietat avaluada.

Tipus de varietat	n ¹	Mitjana de símptomes per brot sec ²	± EE
Local	17	2,62	0,26
Procedent de programes de millora	33	2,05	0,17

¹ Nombre de parcel·les segons el tipus de varietat

² Valor d'afectació per taca ocre segons la metodologia descrita en el punt 4.2.1.1.

Les tres zones són significativament diferents. El brot sec té la seva major incidència en zones amb elevada humitat ambiental (àrees litorals) (Tuset i Portilla, 1987), i per tant coincideix amb els valors obtinguts en l'avaluació: a més distància del mar menor serà l'afectació per brot sec ('c'>'b'>'a').

Per tant, les diferents zones mostrejades es poden classificar segons els valors d'afectació per brot sec (Taula 36).

Taula 36. Afectació per brot sec en les diferents parcel·les, agrupades en tres zones de mostreig.

Zona de mostreig	Ubicació	n ¹	Afectació taca ocre ² ± EE	³
a	Lleida	20	1,08 ± 0,19	a
b	Tarragona (interior)	10	2,20 ± 0,39	b
c	Tarragona (litoral)	20	3,73 ± 0,19	c

¹ Nombre de parcel·les avaluades en cada zona

² Valors d'afectació per brot sec acotats entre 0 (poca afecció) i 4 (molta afecció) ±EE

³ Grups amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan. p<0,05)

4.3.4. Importància i distribució de la taca ocre

La quantitat mitjana de símptomes produïts per taca ocre en les 50 parcel·les mostrejades va ser d'1,28 en l'escala descrita al punt 3.2.2.1.. Tenint en compte que el valor intermedi d'aquesta escala és 2, la quantitat de malaltia era baixa en el conjunt de parcel·les mostrejades.

Mitjançant un anàlisi de la variància es va comprovar que no existien interaccions significatives entre els factors 'tipus de varietat', 'reg' i 'zona mostrejada' (Taula 31).

Els factor 'reg' i 'tipus de varietat' no tenen un efecte estadísticament significatiu en els valors d'afectació per taca ocre, però en canvi s'observa que la zona mostrejada ('a', 'b' o 'c'), sí que té un efecte significatiu en la distribució dels valors d'afectació per taca ocre (Taula 31).

Taula 31. Anàlisi de la variància dels valors d'afectació per taca ocre segons el 'tipus de varietat' (local o procedent de programes de millora), 'reg' (existència o no de reg), i 'zona mostrejada' ('a', 'b' o 'c').

Factors principals	F-ratio	p-valor
A: Reg	2,48	0,12
B: Tipus de varietat	4,05	0,05
C: Zona mostrejada	6,04	0,00*
Interaccions		
AB	0,42	0,66
AC	0,52	0,47
BC	0,02	0,98

¹ Factors amb p-valors <0,05 tenen efecte estadísticament significatiu (marcat amb '*')

No obstant, el p-valor obtingut en l'anàlisi de la variància pel factor 'tipus de varietat', és un valor límit de significació del factor (p-valor=0,051). Per tant, seria erroni afirmar que existeixen diferències significatives segons el tipus de varietat, però no es poden menystenir les diferències de la quantitat de símptomes causats per taca ocre segons aquest factor (Taula 32).

Taula 32. Valors de quantitat de símptomes mitjà produïts taca ocre segons el tipus de varietat avaluada.

Tipus de varietat	n ¹	Quantitat de símptomes mitjà ² ± EE	
Local	17	0,53	0,40
Procedent de programes de millora	33	1,43	0,26

¹ Nombre de parcel·les segons el tipus de varietat

² Valor d'afectació per taca ocre segons la metodologia descrita en el punt 4.2.1.1.

El fet que les varietats procedents de programes de millora mostrin uns valors de quantitat mitjana de símptomes de taca ocre superiors als que presenten les varietats locals és degut a que moltes de les varietats procedents de programes de millora han utilitzat 'Tuono' com a varietat parental, la qual aporta autofertilitat, un caràcter molt interessant en programes de millora. 'Tuono' és una varietat susceptible, tal com s'ha comprovat en els punts 4.2.1.1., 4.2.1.2. i 4.2.3., i per tant aporta certa susceptibilitat a la taca ocre en les noves varietats.

4.3.4.1. Variació segons zona mostrejada

Mitjançant el test de Rangs Múltiples de Duncan amb un interval de confiança del 95%, s'obtenen dos grups ('a' i 'b') segons els valors d'afectació per taca ocre que presenten les parcel·les avaluades (Taula 33).

Taula 33. Afectació per taca ocre en les diferents parcel·les, agrupades en tres zones de mostreig.

Zona de mostreig	Ubicació	n ¹	Quantitat mitjana de símptomes ² ± EE ³	
a	Lleida	20	2,08 ± 0,29	a
b	Tarragona (interior)	10	0,91 ± 0,60	b
c	Tarragona (litoral)	20	0,30 ± 0,29	b

¹ Nombre de parcel·les avaluades en cada zona

² Valors d'afectació per taca ocre acotats entre 0 (poca afecció) i 4 (molta afecció) ±EE

³ Grups amb diferent lletra són significativament diferents entre sí (Duncan. p<0,05)

P.ochraceum es desenvolupa en climes amb temperatures càlides (Tuset i Portilla, 1987), i de l'any 2011 es destaca l'enregistrament de valors clarament més elevats a l'interior del país (província de Lleida) que no pas prop de la costa (província de Tarragona). Es van arribar a superar els 40 °C als indrets típicament més càlids del país (interior), mentre que la temperatura màxima anual només va superar lleugerament els 30 °C a bona part del litoral català (Meteocat, 2011).

Cal esmentar també que durant l'any 2011 va tenir lloc un episodi de temperatures molt elevades durant el mes d'agost, molt acusat a les comarques del Segrià i Les Garrigues, entre d'altres. Les estacions meteorològiques que presenten temperatures màximes absolutes superiors a 39°C durant l'any 2011 (Lleida, Alcarràs, Castellans,

Seròs, el Poal, Mollerussa, Castellnou de Seana) estan localitzades en indrets propers a la zona de mostreig de parcel·les de la província de Lleida.

En canvi, cal destacar que el règim de marinada present a les comarques del litoral va mantenir la temperatura diürna relativament baixa arran de mar, amb temperatures màximes properes als 30 °C i amb una humitat relativa elevada. Per tant, el fet que els valors de quantitat de malaltia a la província de Tarragona (amb temperatures més baixes) siguin més baixos que a la de Lleida, confirma la hipòtesi proposada per Tuset i Portilla.

5. Conclusions

Les conclusions obtingudes en aquest treball han estat les següents:

- Existeixen diferències de resistència/susceptibilitat al brot sec i a la taca ocre entre les varietats d'ametller avaluades.
- Hi ha diferències en la susceptibilitat al brot sec i a la taca ocre entre les diferents varietats avaluades.
- Respecte l'avaluació del brot sec, les dues metodologies emprades han estat útils a l'hora d'observar diferències de susceptibilitat entre varietats. El fet de realitzar inoculacions artificials és molt interessant pel fet que permet estudiar la susceptibilitat en localitzacions poc afectades per la malaltia. Però l'avaluació d'un any no ha donat resultats consistents, i per tant és necessari dur a terme noves avaluacions en els propers anys.
- En aquest treball, s'han obtingut com a varietats més susceptibles al brot sec 'Alicante' i 'Penta', i les més resistents 'Ardechoise' i 'Constantí'.
- Les dos metodologies emprades per a l'avaluació de la quantitat de taca ocre (avaluació general de la quantitat de malaltia i avaluació de la severitat foliar), tot i que són igualment vàlides, difereixen en precisió, rapidesa i practicitat.
- S'han obtingut com a varietats més susceptibles a la taca ocre les varietats 'Tarraco', 'Tuono' i 'Guara', i com a molt resistents 'Belona', 'Mardia' i 'Penta'.
- S'ha observat una major severitat de taca ocre en les zones de l'interior on les temperatures són més elevades respecte la zona més propera al litoral. En canvi, s'ha observat una major incidència de brot sec en la zona més propera al litoral on la humitat ambiental es més elevada que en la zona de l'interior.
- El coneixement de la susceptibilitat al brot sec i a la taca ocre per part d'una varietat d'ametller, així com la importància de les dues malalties a Catalunya, permetrà escollir quina varietat o conjunt de varietats són les més adequades per a cada zona i parcel·la.

6. Bibliografia

- Almacellas, J.; Marín, J.P. (2011). Control de plagas y enfermedades en el cultivo del almendro. Vida Rural, 332: 25-27.
- Banihashemi, Z. (1990). Biology and control of *Polystigma ochraceum*, the cause of almond red leaf blotch. Plant Pathology, 39 (2): 309-315.
- Barrios, G.; Mateu, J.; Aymamí, A.; (2010). Fitxa tècnica PAE 12. Sanitat vegetal en producció ecològica de l'ametller i l'avellaner.
- Cannon, P.F. (1996). Systematics and diversity of the *Phyllachoraceae* associated with *Rosaceae*, with a monograph of *Polystigma*. Mycology research, 100 (12): 1409-1427
- DARP (2007). Dossier tècnic sobre l'ametller, 22: 3-5.
- De la Cruz, J.I.; Guisado, A. (2007). Ficha técnica Sanidad vegetal nº6 Junta Extremadura. (Aym.juntaex.es)
- Desmond, D. R.; Bassi, D. (2008). The Peach: Botany, Production and Uses (CABI).
- Ghazanfari, J. & Banihashemi, Z. (1976). Factors influencing ascocarp formation in *Polystigma ochraceum*. Transactions of the British Mycological Society 66: 401-406.
- Lin, A.; Szeinberg, A. (1992) Control of the almond disease *Polystigma* by urea treatments. Hassadeh, 73 (1): 62-66
- Registre de productes fitosanitaris (última actualització: 28 de juny de 2012). MAGRAMA (2012). www.magrama.gob.es
- Miarnau, X.; Vargas, F. J.; Montserrat, R.; Alegre, S. (2010). Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío. Fruticultura, 10: 94-103.
- Muncharaz, M. (2004). El Almendro: Manual Técnico. Mundi-Prensa Libros.
- Ogawa, J.M. (1999). Plagas y enfermedades de los frutales de hueso. Mundi-Prensa Libros.
- Mycobank Database (International Mycological Association). www.mycobank.org
- Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (2004). Good Plant protection practice PP 2/33, Bulletin 34: 425-426.
- Rhouma, A.; Triki, MA.; Ouerteni, K.; Mezghanni, M. (2008). Chemical and Biological Control of *Phomopsis amygdali*, the Causal Agent of Constriction Canker of Almond in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection, 3 (2): 69-77.
- Saad, A. T.; Masanatt, K. (1997). Economic importance and cycle of *Polystigma ochraceum*, causing red leaf blotch disease of almond, in Lebanon. EPPO Bulletin, 27: 481-485.
- Suzuki, Y.; Hatakeyama, S.; Harada, Y.; Tanaka, K. (2008). *Polystigma fulvum*, a red leaf blotch pathogen on leaves of *Prunus* spp., has the *Polystigma pallescens* anamorph/andromorph. Mycoscience 49 (6):395-398
- Tuset, J.J.; Portilla, M^a. T. (1987). Principales alteraciones del almendro causadas por hongos en el Area Mediterránea Española. Fruticultura Profesional, 11: 13-17.

- Vargas, F. J. (1999). Situación del almendro en los países mediterráneos. *Fruticultura profesional*, 104: 31-41.
- Vargas, F. J.; Miarnau, X. (2009). Field susceptibility to fusicoccum canker of almond cultivars. V International Symposium on Pistachios and Almonds. *Acta Horticulturae* 912, 751:755.
- Vargas, F. J.; Romero, M.; Clavé, J.; Alegre, S. (2009). Variedades de almendro IRTA. *Fruticultura*, 2: 35-45.

7. Annexos

7.1. Annex 1. Aplicatiu en llenguatge 'php'

LLISTAT DEL PROGRAMA FONT en PHP.

```
<?php

for ($f=1;$f<=5;$f++){

    $im = imagecreatefromjpeg(dirname(__FILE__)."/fulla".$f.".jpg");

    //Llegim mida
    $mida = getimagesize(dirname(__FILE__)."/fulla".$f.".jpg");
    $xmax = $mida[0];
    $ymax = $mida[1];

    // Possem a 0 els comptadors de pixels verds i ocre
    $ocre = 0;
    $verd = 0;

    // Llegim els RGB de tots els pixels
    for ($x=0;$x<$xmax;$x++){
        for ($y=0;$y<$ymax;$y++){
            $index = imagecolorat($im, $x, $y);
            $cols = imagecolorsforindex($im,$index);

            // Mirem si és color de fons o de fulla
            if ($cols['red'] < 180 AND $cols['green'] < 180 AND $cols['blue'] < 180){
                // És color de fulla. Mirem si és verd o ocre.
                if ( $cols['red'] > $cols['green']) {
                    $ocre++; // és taca ocre
                }else{
                    $verd++; // és verd de fulla bona
                }
            }
        }
    }

    // Resultats
    $superficie = $ocre + $verd;
    $tpc_ocre = round(($ocre/$superficie*100),1);
    echo '';
    echo "FULLA ".$f.". Tant per cent d'ocre => ".$tpc_ocre."<br>";
    imagedestroy($im);
}
?>
```